



# 西科/沃克 热处理工艺数据手册

第一版

由西科沃克瑞泰克热处理设备制造（天津）有限公司出版

天津市西青经济开发区赛达二大道 7 号 B 厂房

[www.secowarwick.com](http://www.secowarwick.com)

西科/沃克公司热处理工艺数据手册包含有关热处理材料的信息。这本书不是作为一个正式出版物，而是把那些常用的技术数据收集到一起，为对热处理技术感兴趣的人服务。如果它可以节省您的时间，那就是我们的目的。虽然我们的数据是可靠的。但是，我们不承担任何由于采用这些数据所导致结果的责任，我们也不承担由于应用这些信息的所导致的侵权责任。

2011 西科沃克瑞泰克热处理设备制造（天津）有限公司版权所有

西科沃克瑞泰克热处理设备制造（天津）有限公司属于美国西科沃克集团在华全资子公司

## 目录

钢铁规格: S A E 钢的基本编码系统 .....	2
钢铁规格:表格 1A –适用于锻造, 热轧, 冷拔钢筋, 盘条以及无缝钢管的碳钢产品 .....	4
钢铁规格:表格 1B – 仅适用于建筑型钢, 板材, 轨道, 薄板以及焊管的碳钢产品 .....	6
钢铁规格:表格 2A –易切削 (含硫) 碳钢产品 .....	8
钢铁规格:表格 3A –高锰碳钢产品 .....	9
表格 3B -高锰碳钢产品 .....	10
钢铁规格:表格 4 – 碳钢铸件的化学成分与含量 .....	11
钢铁规格:表格 1A – 低合金钢产品适用于钢坯, 钢板, 热轧, 冷拔的钢筋 .....	13
钢铁规格:表格 1B –适用于建筑中符合 AISI -SAE标准的低合金钢板的组成范围和限度 .....	16
钢铁规格: 化学成分的限度 .....	17
Chapter 4 .....	21
S.A.E. 钢典型的热处理: .....	21
表 1- 低碳钢热处理工艺 .....	21
<b>真空热处理介绍</b> .....	<b>47</b>
<b>表 I- 各种合金钢的硬化在 6,10 和 20 BAR ( 10<sup>5</sup>) 的淬火真空炉中</b> .....	<b>50</b>
<b>渗碳真空热处理: LPC 分析真空渗碳</b> .....	<b>52</b>
<b>重量和熔点</b> .....	<b>60</b>
<b>淬火时间</b> .....	<b>62</b>
<b>回火近似加热时间表</b> .....	<b>63</b>
<b>金属在多种温度下的热含量</b> .....	<b>65</b>
<b>硬度的构成</b> .....	<b>66</b>
<b>注意事项</b> .....	<b>74</b>
<b>温度换算</b> .....	<b>75</b>
<b>压力换算</b> .....	<b>77</b>
<b>重量换算长度换算</b> .....	<b>78</b>
<b>燃烧公式</b> .....	<b>80</b>
<b>英制单位转换</b> .....	<b>82</b>
<b>参考文献</b> .....	<b>88</b>

钢铁规格: S A E 钢的基本编码系统

编码	钢的种类及合金中元素的含量
----	---------------

	碳钢
10xx(a)	普通碳钢 (Mn 锰 1.00% max 最大)
11xx	硫化处理
12xx	加硫磷钢
15xx	普通碳钢(max 最大 Mn 锰 range-范围 1.00-1.65)
	锰钢
13xx	Mn 锰 1.75
	镍钢
23xx	Ni 镍 3.50
25xx	Ni 镍 5.00
	镍铬锰钢
31xx	Ni 镍 1.25;Cr 铬 0.65 和 0.80
32xx	Ni 镍 1.75;Cr 铬 1.07
33xx	Ni 镍 3.50;Cr 铬 1.50 和 1.57
34xx	Ni 镍 3.00;Cr 铬 0.77
	钼钢
40xx	Mo 钼 0.20 and 0.25
44xx	Mo 钼 0.40 and 0.52
	铬钼钢
41xx	Cr 铬 0.50, 0.80 and 0.95;Mo 钼 0.12, 0.20, 0.25 and 0.30
	镍铬钼钢
43xx	Ni 镍 1.82; Cr 铬 0.50 and 0.80; Mo 钼 0.25
43BVxx	Ni 镍 1.82; Cr 铬 0.50; Mo 钼 0.12 and 0.25;V 钒 0.03 minimum 最小值
47xx	Ni 镍 1.05; Cr 铬 0.45; Mo 钼 0.20 and 0.35
81xx	Ni 镍 0.30; Cr 铬 0.40; Mo 钼 0.12
86xx	Ni 镍 0.55; Cr 铬 0.50; Mo 钼 0.20
87xx	Ni 镍 0.55; Cr 铬 0.50; Mo 钼 0.25
88xx	Ni 镍 0.55; Cr 铬 0.50; Mo 钼 0.35
93xx	Ni 镍 3.25; Cr 铬 1.20; Mo 钼 0.12
94xx	Ni 镍 0.45; Cr 铬 0.40; Mo 钼 0.12
97xx	Ni 镍 0.55; Cr 铬 0.20; Mo 钼 0.20
98xx	Ni 镍 1.00; Cr 铬 0.80; Mo 钼 0.25
	镍钼钢
46xx	Ni 镍 0.85 and 1.82; Mo 钼 0.20 and 0.25
48xx	Ni 镍 3.50; Mo 钼 0.25
	铬钢
50xx	Cr 铬 0.27, 0.40, 0.50 and 0.65
51xx	Cr 铬 0.80; 0.87, 0.92, 0.95, 1.00 and 1.05
	铬(轴承)钢

501xx	Cr 铬 0.50
511xx	Cr 铬 1.02
521xx	Cr 铬 1.45
	铬钒钢
61xx	Cr 铬 0.60,0.80 and 0.95; V 钒 0.10 & 0.15 minimum 最小值
	钨铬钢
72xx	W 钨 1.75; Cr 铬 0.75
	硅锰钢
92xx	Si 硅 1.40 and 2.00; Mn 锰 0.65, 0.82 and 0.85; Cr 铬 0 and 0.65
	高强度低合金钢
9xx	各种 SAE 级别
	硼钢
xxBxx	B 级硼钢
	含铅钢
xxLxx	L 级含铅钢

(a)这些标注最后两个 XX 表示插入的碳含量（所占百分比）

Source: ASM Handbook Vol. 1, page 148,表 11. <http://products.asminternational.org/hbk/index.jsp>

钢铁规格:表格 1A -适用于锻造，热轧，冷拔钢筋，盘条以及无缝钢管的碳钢产品

统一编号	SAE #	% (a) 碳钢铸件的化学成分与含量			
		碳	锰	磷，最大	硫，最大
G10050	1005	0.06 max	0.35 max	0.040	0.050
G10060	1006	0.08 max	0.25-0.40	0.040	0.050

G10080	1008	0.10 max	0.30-0.50	0.040	0.050
G10100	1010	0.08-0.13	0.30-0.60	0.040	0.050
G10120	1012	0.10-0.15	0.30-0.60	0.040	0.050
G10130	1013	0.11-0.16	0.50-0.80	0.040	0.050
G10150	1015	0.13-0.18	0.30-0.60	0.040	0.050
G10160	1016	0.13-0.18	0.60-0.90	0.040	0.050
G10170	1017	0.15-0.20	0.30-0.60	0.040	0.050
G10180	1018	0.15-0.20	0.60-0.90	0.040	0.050
G10190	1019	0.15-0.20	0.70-1.00	0.040	0.050
G10200	1020	0.18-0.23	0.30-0.60	0.040	0.050
G10210	1021	0.18-0.23	0.60-0.90	0.040	0.050
G10220	1022	0.18-0.23	0.70-1.00	0.040	0.050
G10230	1023	0.20-0.25	0.30-0.60	0.040	0.050
G10250	1025	0.22-0.28	0.30-0.60	0.040	0.050
G10260	1026	0.22-0.28	0.60-0.90	0.040	0.050
G10290	1029	0.25-0.31	0.60-1.90	0.040	0.050
G10300	1030	0.28-0.34	0.60-0.90	0.040	0.050
G10350	1035	0.32-0.38	0.60-0.90	0.040	0.050
G10370	1037	0.32-0.38	0.70-1.00	0.040	0.050
G10380	1038	0.35-0.42	0.60-0.90	0.040	0.050
G10390	1039	0.37-0.44	0.70-1.00	0.040	0.050
G10400	1040	0.37-0.44	0.60-0.90	0.040	0.050
G10420	1042	0.40-0.47	0.60-0.90	0.040	0.050
G10430	1043	0.40-0.47	0.70-1.00	0.040	0.050
G10440	1044	0.43-0.50	0.30-0.60	0.040	0.050
G10450	1045	0.43-0.50	0.60-0.90	0.040	0.050
G10460	1046	0.43-0.50	0.70-1.00	0.040	0.050
G10490	1049	0.46-0.53	0.60-0.90	0.040	0.050
G10500	1050	0.48-0.55	0.60-0.90	0.040	0.050
G10530	1053	0.48-0.55	0.70-1.00	0.040	0.050
G10550	1055	0.50-0.60	0.60-0.90	0.040	0.050
G10590	1059	0.55-0.65	0.50-0.80	0.040	0.050
G10600	1060	0.55-0.65	0.60-0.90	0.040	0.050
G10640	1064	0.60-0.70	0.50-0.80	0.040	0.050
G10650	1065	0.60-0.70	0.60-0.90	0.040	0.050
G10690	1069	0.65-0.75	0.40-0.70	0.040	0.050
G10700	1070	0.65-0.75	0.60-0.90	0.040	0.050
G10740	1074	0.70-0.80	0.50-0.80	0.040	0.050
G10750	1075	0.70-0.80	0.40-0.70	0.040	0.050
G10780	1078	0.72-0.85	0.30-0.60	0.040	0.050
G10800	1080	0.75-0.88	0.60-0.90	0.040	0.050
G10840	1084	0.80-0.93	0.60-0.90	0.040	0.050
G10850	1085	0.80-0.93	0.70-1.00	0.040	0.050
G10860	1086	0.80-0.93	0.30-0.50	0.040	0.050
G10900	1090	0.85-0.98	0.60-0.90	0.040	0.050
G10950	1095	0.90-1.03	0.30-0.50	0.040	0.050

(a) 适用于钢筋和半成品的硅元素含量的范围和限制，适用于表 4 的标准。对于盘条，下一个范围通常是：0.10 max 最大; 0.07-0.15%; 0.10-0.20%; 0.15-0.35%; 0.20-0.40%; 和 0.30-0.60%。在这个表里的钢添加了铅和硼。典型的含铅钢，含铅量为 0.15-0.35%，并且在名称里插入字母 L，以方便辨认(10L45);硼钢希望含硼量为 0.0005-0.003%B，并且在名称里插入字母 B，以方便辨认(10B46)。

Source: ASM Handbook Vol. 1, page 149, table 12. <http://products.asminternational.org/hbk/index.jsp>

钢铁规格:表格 1B – 仅适用于建筑型钢, 板材, 轨道, 薄板以及焊管的碳钢产品

UNS # 统一编号系统	SAE - AISI #	% (a) 碳钢铸件的化学成分与含量			
		C 碳	Mn 锰	P 磷, max 最大	S 硫, max 最大
G10060	1006	0.80 max	0.45 max	0.040	0.050
G10080	1008	0.10 max	0.50 max	0.040	0.050
G10090	1009	0.15 max	0.60 max	0.040	0.050
G10100	1010	0.80-0.13	0.30-0.60	0.040	0.050

G10120	1012	0.10-0.15	0.30-0.60	0.040	0.050
G10150	1015	0.12-0.18	0.30-0.60	0.040	0.050
G10160	1016	0.12-0.18	0.60-0.90	0.040	0.050
G10170	1017	0.14-0.20	0.30-0.60	0.040	0.050
G10180	1018	0.14-0.20	0.60-0.90	0.040	0.050
G10190	1019	0.14-0.20	0.70-1.00	0.040	0.050
G10200	1020	0.17-0.23	0.30-0.60	0.040	0.050
G10210	1021	0.17-0.23	0.60-0.90	0.040	0.050
G10220	1022	0.17-0.23	0.70-1.00	0.040	0.050
G10230	1023	0.19-0.25	0.30-0.60	0.040	0.050
G10250	1025	0.22-0.28	0.30-0.60	0.040	0.050
G10260	1026	0.22-0.28	0.60-0.90	0.040	0.050
G10300	1030	0.27-0.34	0.60-0.90	0.040	0.050
G10330	1033	0.29-0.36	0.70-1.00	0.040	0.050
G10350	1035	0.31-0.38	0.60-0.90	0.040	0.050
G10370	1037	0.31-0.38	0.70-1.00	0.040	0.050
G10380	1038	0.34-0.42	0.60-0.90	0.040	0.050
G10390	1039	0.36-0.44	0.70-1.00	0.040	0.050
G10400	1040	0.36-0.44	0.60-0.90	0.040	0.050
G10420	1042	0.39-0.47	0.60-0.90	0.040	0.050
G10430	1043	0.39-0.47	0.70-1.00	0.040	0.050
G10450	1045	0.42-0.50	0.60-0.90	0.040	0.050
G10460	1046	0.42-0.50	0.70-1.00	0.040	0.050
G10490	1049	0.45-0.53	0.60-0.90	0.040	0.050
G10500	1050	0.47-0.55	0.60-0.90	0.040	0.050
G10550	1055	0.52-0.60	0.60-0.90	0.040	0.050
G10600	1060	0.55-0.66	0.60-0.90	0.040	0.050
G10640	1064	0.59-0.70	0.50-0.80	0.040	0.050
G10650	1065	0.59-0.70	0.60-0.90	0.040	0.050
G10700	1070	0.65-0.76	0.60-0.90	0.040	0.050
G10740	1074	0.69-0.80	0.50-0.80	0.040	0.050
G10750	1075	0.69-0.80	0.40-0.70	0.040	0.050
G10780	1078	0.72-0.86	0.30-0.60	0.040	0.050
G10800	1080	0.74-0.88	0.60-0.90	0.040	0.050
G10840	1084	0.80-0.94	0.60-0.90	0.040	0.050
G10850	1085	0.80-0.94	0.70-1.00	0.040	0.050
G10860	1086	0.80-0.94	0.30-0.50	0.040	0.050
G10900	1090	0.84-0.98	0.60-0.90	0.040	0.050
G10950	1095	0.90-1.04	0.30-0.50	0.040	0.050

(a) 硅元素含量的范围和限制，这种含量的范围和限制普遍应用于：达到美国汽车工程师学会 1025 含量要求，0.10%最大，0.10-0.25%，或者 0.15-0.35%。超过美国汽车工程师学会 1025 含量要求，或者 0.15-0.35%。

Source: ASM Handbook Vol. 1, page 150, table 13. <http://products.asminternational.org/hbk/index.jsp>

钢铁规格:表格 2A –易切削（含硫）碳钢产品  
适用于锻造，热轧，冷拔钢筋，盘条以及无缝钢管的半成品

UNS #	SAE - AISI #	% (a) 碳钢铸件的化学成分与含量			
		C 碳	Mn 锰	P 磷	S 硫
G11080	1108	0.08-0.13	0.50-0.80	0.040	0.80-0.13
G11100	1110	0.08-0.13	0.30-0.60	0.040	0.08-0.13
G11170	1117	0.14-0.20	1.00-1.30	0.040	0.08-0.13
G11180	1118	0.14-0.20	1.30-1.60	0.040	0.08-0.13
G11370	1137	0.32-0.39	1.35-1.65	0.040	0.08-0.13



G11390	1139	0.35-0.43	1.35-1.65	0.040	0.13-0.20
G11400	1140	0.37-0.44	0.70-1.00	0.040	0.08-0.13
G11410	1141	0.37-0.45	1.35-1.65	0.040	0.08-0.13
G11440	1144	0.40-0.48	1.35-1.65	0.040	0.24-0.33
G11460	1146	0.42-0.49	0.70-1.00	0.040	0.08-0.13
G11510	1151	0.48-0.55	0.70-1.00	0.040	0.08-0.13

(a) 铅元素含量的范围和限制，适用于钢筋和半成品的硅元素含量的范围和限制，适用于表 4 的标准。对于钢条，它的含量的范围和限制普遍应用于：达到美国汽车工程师学会 1110 含量要求，最大 0.10%；超过美国汽车工程师学会 1117 最大 0.10%，0.10-0.20% 或者 0.15-0.35%。

Source 来源: ASM Handbook 手册 Vol. 1, page 页 150, table 表 15. <http://products.asminternational.org/hbk/index.jsp>

表格 2B –易切削（含磷和硫）碳钢产品

适用于锻造，热轧，冷拔钢筋，盘条以及无缝钢管的半成品

UNS #	SAE - AISI #	% (a)碳钢铸件的化学成分与含量				
		C 碳 max 最大	Mn 锰	P 磷	S 硫	Pb 铅
G12110	1211	0.13	0.60-0.90	0.07-0.12	0.10-0.15	-
G12120	1212	0.13	0.70-1.00	0.07-0.12	0.16-0.23	
G1230	1213	0.13	0.70-1.00	0.07-0.12	0.24-0.33	-
G12150	1215	0.09	0.75-1.05	0.04-0.09	0.26-0.35	-
G12144	12L14b	0.15	0.85-1.15	0.04-0.09	0.26-0.35	0.15-0.35

(a) 铅元素含量的范围和限制，适用于表 4 的标准。它不是生产 12XX 系列钢材，对于硅含量的常规限制，因为它会对切削性产生不利影响。

Source: ASM Handbook Vol. 1, page 151, table 16. <http://products.asminternational.org/hbk/index.jsp>

钢铁规格:表格 3A –高锰碳钢产品

适用于锻造，热轧，冷拔的钢筋，盘条以及无缝钢管的半成品

UNS #	SAE - AISI #	% <sup>a</sup> 碳钢铸件的化学成分与含量			
		C 碳	Mn 锰	P 磷, max 最大	S 硫, max 最大

G15130	1513	0.10-0.16	1.10-1.40	0.040	0.050
G15220	1522	0.18-0.24	1.10-1.40	0.040	0.050
G15240	1524	0.19-0.25	1.35-1.65	0.040	0.050
G15260	1526	0.22-0.29	1.10-1.40	0.040	0.050
G15270	1527	0.22-0.29	1.20-1.50	0.040	0.050
G15360	1536	0.30-0.37	1.20-1.50	0.040	0.050
G15410	1541	0.36-0.44	1.35-1.65	0.040	0.050
G15480	1548	0.44-0.52	1.10-1.40	0.040	0.050
G15510	1551	0.45-0.56	0.85-1.15	0.040	0.050
G15520	1552	0.47-0.55	1.20-1.50	0.040	0.050
G15610	1561	0.55-0.65	0.75-1.05	0.040	0.050
G15660	1566	0.60-0.71	0.85-1.15	0.040	0.050

(a) 硅, 铅和硼元素含量的范围和限制, 适用于表 4, 表 5 的标准

Source: ASM Handbook Vol. 1, page 151, table 17. <http://products.asminternational.org/hbk/index.jsp>

表格 3B -高锰碳钢产品  
仅适用于建筑型钢, 板材, 轨道, 薄板以及焊管

UNS #	SAE - AISI #	% <sup>a</sup> 碳钢铸件的化学成分与含量				样品 SAE #
		C 碳	Mn 锰	P 磷, max	S 硫, max	
G15240	1524	0.18-0.25	1.30-1.65	0.040	0.050	1024
G15270	1527	0.22-0.29	1.20-1.55	0.040	0.050	1027
G15360	1536	0.30-0.28	1.20-1.55	0.040	0.050	1036
G15410	1541	0.36-0.45	1.30-1.65	0.040	0.050	1041
G15480	1548	0.43-0.52	1.05-1.40	0.040	0.050	1048
G15520	1552	0.46-0.55	1.20-1.55	0.040	0.050	1052

(a) 硅元素含量的范围和限制, 适用于表 5 的标准

Source: ASM Handbook Vol. 1, page 151, table 18. <http://products.asminternational.org/hbk/index.jsp>

钢铁规格:表格 4 - 碳钢铸件的化学成分与含量  
适用于锻造, 热轧、冷拔, 钢筋, 盘条以及无缝钢管的半成品

元素	%规定元素的最大值%		%范围
(a) 碳		0.12	-
		在 0.12 0.25 内 包括 0.25incl.	0.05
		在 0.25 0.40 内 包括 0.40incl.	0.06
		在 0.40 0.55 内包括 0.55 incl.	0.07
		在 0.55 0.80 内包括 0.80 incl.	0.10
		在 0.80	0.13
锰		到 0.40	0.15
		在 0.40 0.50 内包括 0.50incl.	0.20
		在 0.50 1.65 内包括 1.65incl.	0.30
磷		在 0.040-0.08 内包括 0.08 incl.	0.03
		在 0.08 0.13 内包括 0.13incl.	0.05
硫		在 0.050 0.09 内包括 0.09incl.	0.03
		在 0.09 0.15 内包括 0.15 incl.	0.05
		在 0.15 0.23 内包括 0.23 incl.	0.07
		在 0.23 0.35 内包括 0.35incl.	0.09
硅 (for bars) (b) (c)		0.15 到 0.15	0.08
		在 0.15 0.20 内 incl.包 括 0.20	0.10
		在 0.20 0.30 内包括 0.30 incl.	0.15
		在 0.30 0.60 内包括 0.60incl.	0.20
铜	铜含量必须最少是 0.20%		
(d)铅	铅含量必须控制在 0.15 到 0.35 范围之内。		

注：经过硼处理的细晶粒钢，通常含硼量为 0.005-0.003%，

- (一) 通常情况下规定锰的最高含量不超过 1.10%。当锰的最高含量超过 1.10%时增添 0.01%的碳。
- (二) 当硅含量达到极限的时候对材料性能影响不好。所以，极限含量是生产中少见的现象。
- (三) 硅棒所需的范围和限额通常是：0.10 最大，0.07-0.15，0.10-0.20，0.15-0.35，0.20-0.40，或 0.30-0.60。
- (四) 铅通常添加到钢水中，据记录范围规定在 0.15-0.35%之内，

Source: ASM Handbook Vol. 1, page 141, table 1. <http://products.asminternational.org/hbk/index.jsp>

钢铁规格:表格 5 -碳钢铸件的化学成分与含量，仅适用于建筑型钢，板材，轨道，薄板以及焊管

元素	% 规定元素含量最大值 (%)	%范围
(a)(b)碳	0.15 incl.	0.05
	在 0.15 0.30 间包括 incl.0.30	0.06
	在 0.30 0.40 incl 间包括 0.40	0.07
	在 0.40 0.60 incl 间包括 0.60.	0.08
	在 0.60 0.80 incl 间包括 0.80.	0.11
	0.80 1.35 incl 间包括 1.35.	0.14
锰	0.50 incl.	0.20
	在 0.050 1.15 间 incl 包括 1.15.	0.30
	在 1.15 1.65 间包括 1.65 incl.	0.35
磷	0.08 incl.	0.03
	0.08 0.15 incl.	0.05
硫	0.08 incl. 0.08	0.03
	在 0.08 0.15 间包括 0.15 incl.	0.05
	在 0.15 0.23 间包括 0.23 incl.	0.07
	在 0.23 0.33 间	0.10
硅	0.15	0.08
	在 0.15 0.30 间包括 0.30 incl.	0.15
	在 0.30 0.60 间包括 incl.	0.30
铜	含铜量通常最少规定是 0.20%	

(a) 如图所示，碳含量最多不能超过 1.00%，当锰的含量的最大限制超过了 1.00%，在这个表范围内显示碳含量，就会增加 0.01。

(b)建筑型钢和板材中碳含量最大为 0.12。

Source: ASM Handbook Vol. 1, page 141, table 2. <http://products.asminternational.org/hbk/index.jsp>

在稍宽范围内适用于板材的组成元素

%钢包化学成分的范围, %											
UNS #	SAE #	C 碳	Mn 锰	P 磷	S 硫	Si 硅	Ni 镍	Cr 铬	Mo 钼	V 钒	相应的 AISI #
G1330 0	1330	0.28- 0.33	1.60-1.90	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	-	-	-	1330
G1335 0	1335	0.33- 0.38	1.60-1.90	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	-	-	-	1335
G1340 0	1340	0.38- 0.43	1.60-1.90	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	-	-	-	1340
G1345 0	1345	0.43- 0.48	1.60-1.90	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	-	-	-	1345
G4023 0	4023	0.20- 0.25	0.70-0.90	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	-	-	-	4023
G4024 0	4024	0.20- 0.25	0.70-0.90	0.03 5	0.035 - 0.050	0.15-0.35	-	-	0.20-0.30	-	4024
G4027 0	4027	0.25- 0.30	0.70-0.90	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	-	0.20-0.30	-	4027
G4028 0	4028	0.25- 0.30	0.70-0.90	0.03 5	0.035 - 0.050	0.15-0.35	-	-	0.20-0.30	-	4028
G4032 0	4032	0.30- 0.35	0.70-0.90	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	-	0.20-0.30	-	-
G4037 0	4037	0.35- 0.40	0.70-0.90	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	-	0.20-0.30	-	4037
G4042 0	4042	0.40- 0.45	0.70-0.90	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	-	0.20-0.30	-	-
G4047 0	4047	0.45- 0.50	0.70-0.90	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	-	0.20-0.30	-	4047
G4118 0	4118	0.18- 0.23	0.70-0.90	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	0.40-0.60	0.08-0.15	-	4118
G4130 0	4130	0.28- 0.33	0.40-0.60	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	0.15-0.25	-	4130
G4135 0	4135	0.33- 0.38	0.70-0.90	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	0.15-0.25	-	-
G4137 0	4137	0.35- 0.40	0.70-0.90	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	0.15-0.25	-	4137
G4140 0	4140	0.38- 0.43	0.75-1.00	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	0.15-0.25	-	4140
G4142 0	4142	0.40- 0.45	0.75-1.00	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	0.15-0.25	-	4142
G4145 0	4145	0.41- 0.48	0.75-1.00	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	0.15-0.25	-	4145
G4147 0	4147	0.45- 0.50	0.75-1.00	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	0.15-0.25	-	4147
G4150 0	4150	0.48- 0.53	0.75-1.00	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	0.15-0.25	-	4150
G4161 0	4161	0.56- 0.64	0.75-1.00	0.03 5	0.040	0.15-0.35	-	0.70-0.90	0.25-0.35	-	4161

G43200	4320	0.17-0.22	0.45-0.65	0.035	0.040	0.15-0.35	1.65-2.00	0.40-0.60	0.20-0.30	-	4320
G43400	4340	0.38-0.43	0.60-0.80	0.035	0.040	0.15-0.35	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30	-	4340
G43406	E4340b	0.38-0.43	0.65-0.85	0.025	0.025	0.15-0.35	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30	-	E4340
G44220	4422	0.20-0.25	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	-	0.35-0.45	-	-
G44270	4427	0.24-0.29	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	-	0.35-0.45	-	-
G46150	4615	0.13-0.18	0.45-0.65	0.035	0.040	0.15-0.25	1.65-2.00	-	0.20-0.30	-	4615
G46170	4617	0.15-0.20	0.45-0.65	0.035	0.040	0.15-0.35	1.65-2.00	-	0.20-0.30	-	-
G46200	4620	0.17-0.22	0.45-0.65	0.035	0.040	0.15-0.35	1.65-2.00	-	0.20-0.30	-	4620
G46260	4626	0.24-0.29	0.45-0.65	0.035	0.04 max	0.15-0.35	0.70-1.00	-	0.15-0.25	-	-
G47180	4718	0.16-0.21	0.70-0.90	-	-	-	0.90-1.20	0.35-0.55	0.30-0.40	-	4718
G47200	4720	0.17-0.22	0.50-0.70	0.035	0.040	0.15-0.35	0.90-1.20	0.35-0.55	0.15-0.25	-	4720
G48150	4815	0.13-0.18	0.40-0.60	0.035	0.040	0.15-0.35	3.25-3.75	-	0.20-0.30	-	4815
G48170	4817	0.15-0.20	0.40-0.60	0.035	0.040	0.15-0.35	3.25-3.75	-	0.20-0.30	-	4817
G48200	4820	0.18-0.23	0.50-0.70	0.035	0.040	0.15-0.35	3.25-3.75	-	0.20-0.30	-	4820
G50401	50B40c	0.38-0.43	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.40-0.60	-	-	-
G50441	50B44c	0.43-0.48	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.40-0.60	-	-	50B44
G50460	5046	0.43-0.48	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.20-0.35	-	-	-
G50461	50B46c	0.44-0.49	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.20-0.35	-	-	50B46
G50501	50B50c	0.48-0.53	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.40-0.60	-	-	50B50
G50600	5060	0.56-0.64	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.40-0.60	-	-	-
G50601	50B60c	0.56-0.64	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.40-0.60	-	-	50B60
G51150	5115	0.13-0.18	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.70-0.90	-	-	-
G51170	5117	0.15-0.20	0.70-0.90	0.04	0.040	0.15-0.35	-	0.70.90	-	-	5117
G51200	5120	0.17-0.22	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.70-0.90	-	-	5120
G51300	5130	0.28-0.33	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	-	-	5130
G51320	5132	0.30-0.35	0.60-0.80	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.75-1.00	-	-	5132
G51350	5135	0.33-0.38	0.60-0.80	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.05	-	-	5135

G51400	5140	0.38-0.43	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.70-0.90	-	-	5140
G51470	5147	0.46-0.51	0.70-0.95	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.85-1.15	-	-	5147
G51500	5150	0.48-0.53	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.70-0.90	-	-	5150
G51550	5155	0.51-0.59	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.70-0.90	-	-	5155
G51600	5160	0.56-0.64	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.70-0.90	-	-	5160
G51601	51B60c	0.56-0.64	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.70-0.90	-	-	51B60
G50986	50100b	0.98-1.10	0.25-0.45	0.025	0.025	0.15-0.35	-	0.40-0.60	-	-	-
G51986	51100b	0.98-1.10	0.25-0.45	0.025	0.025	0.15-0.35	-	0.90-1.15	-	-	E51100
G52986	52100b	0.98-1.10	0.25-0.45	0.025	0.025	0.15-0.35	-	1.30-1.60	-	-	E52100
G61180	6118	0.16-0.21	0.50-0.70	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.50-0.70	-	0.10-0.15	6118
G61500	6150	0.48-0.53	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	-	0.15 min	6150
G81150	8115	0.13-0.18	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	0.20-0.40	0.30-0.50	0.08-0.15	-	8115
G81451	81B45c	0.43-0.48	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.20-0.40	0.35-0.55	0.08-0.15	-	81B45
G86150	8615	0.13-0.18	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8615
G86170	8617	0.15-0.20	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8617
G86200	8620	0.18-0.23	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8620
G86220	8622	0.20-0.25	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8622
G86250	8625	0.23-0.28	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8625
G86270	8627	0.25-0.30	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8627
G86300	8630	0.28-0.33	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8630
G86370	8637	0.35-0.40	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8637
G86400	8640	0.38-0.43	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8640
G86420	8642	0.40-0.45	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8642
G86450	8645	0.43-0.48	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8645
G86451	86B45c	0.43-0.48	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	-
G86500	8650	0.48-0.53	0.75-1.00	0.035	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	-
G86550	8655	0.51-0.59	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8655

G8660	8660	0.56-0.64	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	-
G8720	8720	0.18-0.23	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.20-0.30	-	8720
G8740	8740	0.38-0.43	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.20-0.30	-	8740
G8822	8822	0.20-0.25	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.30-0.40	-	8822
G9254	9254	0.51-0.59	0.60-0.80	0.035	0.040	1.20-1.60	-	0.60-0.80	-	-	-
G9260	9260	0.56-0.64	0.75-1.00	0.035	0.040	1.80-2.20	-	-	-	-	9260
G9310	9310b	0.08-0.13	0.45-0.65	0.025	0.025	0.15-0.35	3.00-3.50	1.00-1.40	0.08-0.15	-	-
G9415	94B15c	0.13-0.18	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.30-0.60	0.30-0.50	0.08-0.15	-	-
G9417	94B17c	0.15-0.20	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.30-0.60	0.30-0.50	0.08-0.15	-	94B17
G9430	94B30c	0.28-0.33	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.30-0.60	0.30-0.50	0.08-0.15	-	94B30

(a) 在合金钢中，某些少量的元素没有被标明或确认。这些元素被认为是杂质，所以人们给它规定了在合金钢中人们所能接受的最大比例：铜 0.35%，镍 0.25%，铬 0.20% 钼 0.06%

(b) 电炉钢

(c) 硼含量是 0.0005-0.003%.

Source: ASM Handbook Vol. 1, page 152-153, table 19. <http://products.asminternational.org/hbk/index.jsp>

钢铁规格:表格 1B -适用于建筑中符合 AISI-SAE标准的低合金钢板的组成范围和限度

硼和铅被添加到合金钢中，成为其中的组合元素。某些不需要的、少量元素存在，被认为是杂质。所以，人们给它规定了在合金钢中所能接受的最大比例：铜 0.35%，镍 0.25%，铬 0.20% 钼 0.06%

% (a) 冶炼中各种元素的范围与限制							
SAE #	UNS						
	名称	C	Mn	Si (b)	Ni	Cr	Mo
1330	G13300	0.27-0.34	1.50-1.90	0.15-0.30	-	-	-
1335	G13350	0.32-0.39	1.50-1.90	0.15-0.30	-	-	-
1340	G13400	0.36-0.44	1.50-1.90	0.15-0.30	-	-	-
1345	G13450	0.41-0.49	1.50-1.90	0.15-0.30	-	-	-
4118	G41180	0.17-0.23	0.60-0.90	0.15-0.30	-	0.40-0.65	0.08-0.15
4130	G41300	0.27-0.34	0.35-0.60	0.15-0.30	-	0.80-1.15	0.15-0.25
4135	G41350	0.32-0.39	0.65-0.95	0.15-0.30	-	0.08-1.15	0.15-0.25
4137	G41370	0.33-0.40	0.65-0.95	0.15-0.30	-	0.80-1.15	0.15-0.25
4140	G41400	0.36-0.44	0.70-1.00	0.15-0.30	-	0.08-1.15	0.15-0.25
4142	G41420	0.38-0.46	0.70-1.00	0.15-0.30	-	0.80-1.15	0.15-0.25
4145	G41450	0.41-0.49	0.70-1.00	0.15-0.30	-	0.80-1.15	0.15-0.25
4340	G43400	0.36-0.44	0.55-0.80	0.15-0.30	1.65-2.00	0.60-0.90	0.20-0.30



E4340	G43406	0.37-0.44	0.60-0.85	0.15-0.30	1.65-2.00	0.65-0.90	0.20-0.30
4615	G46150	0.12-0.18	0.40-0.65	0.15-0.30	1.65-2.00	-	0.20-0.30
4617	G46170	0.15-0.21	0.40-0.65	0.15-0.30	1.65-2.00	-	0.20-0.30
4620	G46200	0.16-0.22	0.40-0.65	0.15-0.30	1.65-2.00	-	0.20-0.30
5160	G51600	0.54-0.65	0.70-1.00	0.15-0.30	-	0.60-0.90	-
6150	G61500	0.46-0.54	0.60-0.90	0.15-0.30	-	0.80-1.15	-
8615	G86150	0.12-0.18	0.60-0.90	0.15-0.30	0.40-0.70	0.35-0.60	0.15-0.25
8617	G86170	0.15-0.21	0.60-0.90	0.15-0.30	0.40-0.70	0.35-0.60	0.15-0.25
8620	G86200	0.17-0.23	0.60-0.90	0.15-0.30	0.40-0.70	0.35-0.60	0.15-0.25
8622	G86220	0.19-0.25	0.60-0.90	0.15-0.30	0.40-0.70	0.35-0.60	0.15-0.25
8625	G86250	0.22-0.29	0.60-0.90	0.15-0.30	0.40-0.70	0.35-0.60	0.15-0.25
8627	G86270	0.24-0.31	0.60-0.90	0.15-0.30	0.40-0.70	0.35-0.60	0.15-0.25
8630	G86300	0.27-0.34	0.60-0.90	0.15-0.30	0.40-0.70	0.35-0.60	0.15-0.25
8637	G86370	0.33-0.40	0.70-1.00	0.15-0.30	0.40-0.70	0.35-0.60	0.15-0.25
8640	G86400	0.36-0.44	0.70-1.00	0.15-0.30	0.40-0.70	0.35-0.60	0.15-0.25
8655	G86550	0.49-0.60	0.70-1.00	0.15-0.30	0.40-0.70	0.35-0.60	0.15-0.25
8742	G87420	0.38-0.46	0.70-1.00	0.15-0.30	0.40-0.70	0.35-0.60	0.20-0.30

(a)钢的范围和限定表明是平炉钢(或已经脱氧);磷的最大含量是0.035%,硫0.040%。对于电炉炼的钢,减少范围和限定如下:碳-0.01%;锰-0.05%;铬-0.05%(1.25%);磷或硫的最大含量0.025%。

(b)其他硅范围也许可以协商。当被购买者指定硅是可利用的在0.10-0.20%,0.20-0.30%和0.35%最大值的范围(当碳被脱氧)。

(c)前缀“E”表明钢是电炉冶炼。

(d)最少含0.15%钒。

Source: ASM Handbook Vol. 1, page 227, table 3. <http://products.asminternational.org/hbk/index.jsp>

钢铁规格: 化学成分的限度

类型	UNS 名称	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	其它元素
奥氏体类型									
201	S20100	0.15	5.5-7.5	1.00	16.0-18.0	3.5-5.5	0.06	0.03	0.25 N
202	S20200	0.15	7.5-10.0	1.00	17.0-19.0	4.0-6.0	0.06	0.03	0.25 N
205	S20500	0.12-0.25	14.0-15.5	1.00	16.5-18.0	1.0-1.75	0.06	0.03	0.32-0.40 N
301	S30100	0.15	2.00	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	0.045	0.03	-
302	S30200	0.15	2.00	1.00	17.0-19.0	8.0-10.0	0.045	0.03	-
302B	S30215	0.15	2.00	2.0-3.0	17.0-19.0	8.0-10.0	0.045	0.03	-
303	S30300	0.15	2.00	1.00	17.0-19.0	8.0-10.0	0.20	0.15 min	0.6 Mo (b)
303Se	S30323	0.15	2.00	1.00	17.0-19.0	8.0-10.0	0.20	0.06	0.15 min Se
304	S30400	0.08	2.00	1.00	18.0-20.0	8.0-10.5	0.045	0.03	-
304H	S30409	0.04-0.10	2.00	1.00	18.0-20.0	8.0-10.5	0.045	0.03	-
304L	S30403	0.03	2.00	1.00	18.0-20.0	8.0-12.0	0.045	0.03	-
304LN	S30453	0.03	2.00	1.00	18.0-20.0	8.0-12.0	0.045	0.03	0.10-0.16 N
302Cu	S30430	0.08	2.00	1.00	17.0-19.0	8.0-10.0	0.045	0.03	3.0-4.0 Cu
304N	S30451	0.08	2.00	1.00	18.0-20.0	8.0-10.5	0.045	0.03	0.10-0.16 N
305	S30500	0.12	2.00	1.00	17.0-19.0	10.5-13.0	0.045	0.03	-

308	S30800	0.08	2.00	1.00	19.0-21.0	10.0-12.0	0.045	0.03	-
309	S30900	0.20	2.00	1.00	22.0-24.0	12.0-15.0	0.045	0.03	-
309S	S30908	0.08	2.00	1.00	22.0-24.0	12.0-15.0	0.045	0.03	-
310	S31000	0.25	2.00	1.50	24.0-26.0	19.0-22.0	0.045	0.03	-
310S	S31008	0.08	2.00	1.50	24.0-26.0	19.0-22.0	0.045	0.03	-
314	S31400	0.25	2.00	1.5-3.0	23.0-26.0	19.0-22.0	0.045	0.03	-
316	S31600	0.08	2.00	1.00	16.0-18.0	10.0-14.0	0.045	0.03	2.0-3.0 Mo
316F	S31620	0.08	2.00	1.00	16.0-18.0	10.0-14.0	0.20	0.10 min	1.75-2.5 Mo
316H	S31609	0.04-0.10	2.00	1.00	16.0-18.0	10.0-14.0	0.045	0.03	2.0-3.0 Mo
316L	S31603	0.03	2.00	1.00	16.0-18.0	10.0-14.0	0.045	0.03	2.0-3.0 Mo
316LN	S31653	0.03	2.00	1.00	16.0-18.0	10.0-14.0	0.045	0.03	2.0-3.0 Mo; 0.10-0.16 N
316N	S31651	0.08	2.00	1.00	16.0-18.0	10.0-14.0	0.045	0.03	2.0-3.0 Mo; 0.10-0.16 N
317	S31700	0.08	2.00	1.00	18.0-20.0	11.0-15.0	0.045	0.03	3.0-4.0 Mo
317L	S31703	0.03	2.00	1.00	18.0-20.0	11.0-15.0	0.045	0.03	3.0-4.0 Mo
321	S32100	0.08	2.00	1.00	17.0-19.0	9.0-12.0	0.045	0.03	5 x %C min Ti
321H	S32109	0.04-0.10	2.00	1.00	17.0-19.0	9.0-12.0	0.045	0.03	5 x %C min Ti
330	N08330	0.08	2.00	0.75-1.5	17.0-20.0	34.0-37.0	0.04	0.03	-
347	S34700	0.08	2.00	1.00	17.0-19.0	9.0-13.0	0.045	0.03	10 x %C min Nb
347H	S34709	0.04-0.10	2.00	1.00	17.0-19.0	9.0-13.0	0.045	0.03	8 x %C min - 1.0 max Nb
348	S34800	0.08	2.00	1.00	17.0-19.0	9.0-13.0	0.045	0.03	0.2 Co; 10 x %C min Nb; 0.10 Ta
348H	S34809	0.04-0.10	2.00	1.00	17.0-19.0	9.0-13.0	0.045	0.03	0.2 Co; 8 x %C min - 1.0 max Nb; 0.10 Ta
384	S38400	0.08	2.00	1.00	15.0-17.0	17.0-19.0	0.045	0.03	-

#### 铁素体类型

405	S40500	0.08	1.00	1.00	11.5-14.5	-	0.04	0.03	0.10-0.30 Al
409	S40900	0.08	1.00	1.00	10.5-11.75	0.50	0.045	0.045	6 x %C min - 0.75 max Ti
429	S42900	0.12	1.00	1.00	14.0-16.0	-	0.04	0.03	-
430	S43000	0.12	1.00	1.00	16.0-18.0	-	0.04	0.03	-
430F	S43020	0.12	1.25	1.00	16.0-18.0	-	0.06	0.15 min	0.6 Mo (b)
430FSe	S43023	0.12	1.25	1.00	16.0-18.0	-	0.06	0.06	0.15 min Se
434	S43400	0.12	1.00	1.00	16.0-18.0	-	0.04	0.03	0.75-1.25 Mo
436	S43600	0.12	1.00	1.00	16.0-18.0	-	0.04	0.03	0.75-1.25 Mo; 5 x %C min - 0.70 max Nb
439	S43035	0.07	1.00	1.00	17.0-19.0	0.50	0.04	0.03	0.15 Al; 12 x %C min - 1.10 Ti
442	S44200	0.20	1.00	1.00	18.0-23.0	-	0.04	0.03	-
444	S44400	0.025	1.00	1.00	17.5-19.5	1.00	0.04	0.03	1.75-2.50 Mo; 0.025 N ; 0.2+4 (%C+ %N) min - 0.8 max (Ti+Nb)
446	S44600	0.20	1.50	1.00	23.0-27.0	-	0.04	0.03	0.25 N

#### 双 (铁素体-奥氏体) 类型

329	S32900	0.20	1.00	0.75	23.0-28.0	2.50-5.00	0.04	0.03	1.00-2.00 Mo
-----	--------	------	------	------	-----------	-----------	------	------	--------------

#### 马氏体类型

403	S40300	0.15	1.00	0.50	11.5-13.0	-	0.04	0.03	-
410	S41000	0.15	1.00	1.00	11.5-13.5	-	0.04	0.03	-
414	S41400	0.15	1.00	1.00	11.5-13.5	1.25-2.50	0.04	0.03	-
416	S41600	0.15	1.25	1.00	12.0-14.0	-	0.06	0.15 min	0.6 Mo (b)
416Se	S41623	0.15	1.25	1.00	12.0-14.0	-	0.06	0.06	0.15 min Se
420	S42000	0.15 min	1.00	1.00	12.0-14.0	-	0.04	0.03	-
420F	S42020	0.15 min	1.25	1.00	12.0-14.0	-	0.06	0.15 min	0.6 Mo (b)

422	S42200	0.20-0.25	1.00	0.75	11.5-13.5	0.5-1.0	0.04	0.03	0.75-1.25 Mo; 0.75-1.25 W; 0.15-0.3 V
431	S43100	0.20	1.00	1.00	15.0-17.0	1.25-2.50	0.04	0.03	-
440A	S44002	0.60-0.75	1.00	1.00	16.0-18.0	-	0.04	0.03	0.75 Mo
440B	S44003	0.75-0.95	1.00	1.00	16.0-18.0	-	0.04	0.03	0.75 Mo
440C	S44004	0.95-1.20	1.00	1.00	16.0-18.0	-	0.04	0.03	0.75 Mo
<b>沉淀硬化类型</b>									
PH 13-8 Mo	S13800	0.05	0.20	0.10	12.25-13.25	7.5-8.5	0.01	0.008	2.0-2.5 Mo; 0.90-1.35 Al; 0.01 N
15-5 PH	S15500	0.07	1.00	1.00	14.0-15.5	3.5-5.5	0.04	0.03	2.5-4.5 Cu; 0.15-0.45 Nb
17-4 PH	S17400	0.07	1.00	1.00	15.5-17.5	3.0-5.0	0.04	0.03	3.0-5.0 Cu; 0.15-0.45 Nb
17-7 PH	S17700	0.09	1.00	1.00	16.0-18.0	6.5-7.75	0.04	0.04	0.75-1.5 Al

除非另有说明，否则单一值就是最大值。

Source: ASM Handbook Vol. 1, page 843, table 2. <http://products.asminternational.org/hbk/index.jsp>

## Chapter 2 各种元素在钢中的作用

### 常用合金在钢的作用

元素	增加淬硬性	强化铁素体	形成碳化物	提高蠕变强度	主要功能
C 碳	强到中	温和		轻中度	控制强度等级
Mn 锰	中到强	强	温和	温和	淬硬性
P 磷	适度	强	Nil 零	适度	强化铁体提高抗腐蚀性
S 硫	微小负值	Nil 零	Nil 零	Nil 零	提高切削加工性能
Si 硅	适度	强	负值	和	作为脱氧剂或减少材料表面氧化
Ni 镍	适度	中性	Nil 零	温和	在低温下可降低缺口敏感性
Cr 铬	强	温和	强	温和	增加淬硬性和抗氧化
Mo 钼	强		强	强	增加淬硬性提高抗蠕变强度
W 钨	温和	温和	强	强	提高抗蠕变强度
V	强	温和	强	强	细化晶粒提高蠕变强度
Ti	强	强	强	适度	稳定碳化物

Co 钴	负值	温和	Nil 零	温和	提高抗蠕变强度
Al 铝	温和	适度	负值	负值	作为脱氧剂控制氮化钢的晶粒
Zr 锆	温和	不详	强	不详	减少时效变形
Cu 铜	适度	强	零	不详	抗腐蚀性
B	强	不详	不详	不详	淬硬性
Cb 钨	强	不详	强	中等	未被广泛使用

l 假想在奥氏体中完成

l Source: U.S.S. Carilloy Steels, published by United States Steel Corporation, 1948

### Chapter 3

铝合金：铝 101

高纯的铝很软且具有韧性。而工业应用要求铝具有高的强度，这就通过在铝中添加其它合金元素来实现，可以添加一种或多种合金元素增强它的强度。铝合金粗略的分为可热处理的和不可热处理的两类。

不可热处理铝合金-这类合金的最初强化来源于合金中元素的作用例如 锰，硅，铁，锰单一的或者是各种聚合物。不可热处理铝合金经常被命名为 1000,3000,4000 或 5000 系列。由于这些合金的工作硬化，更高强度的铝合金有可能通过各种冷加工实现，根据特性称作“H”系列。含有镁元素的铝合金在应变时明显硬化的特性通常做一个最终温度的升高，叫做高温处理，确保性能的稳定。

可热处理的合金-这类合金的最初硬度增强是合金元素的作用例如铜，镁，锌，硅。由于这些元素单独或者相互组合出现了提高了固溶温度，增加溶解度，所以，它们经过热处理，表现出更高的强度。

第一步，叫做热处理或固溶热处理，在一定温度下将可溶解的元素变成固溶状态。其次是快速淬火，通常在水中。瞬间“结冰”的结构，可在一个短时间内形成可使用的合金。也有让合金保持在严寒温度直到形成可使用的合金的办法。在室温或者较高的温度下，淬火后合金不能形成稳定的状态，因此就有成份从过饱和的溶解中析出。在室温中持续一段时间大约几天后，称作老化或者室温析出，合金变得更加强壮。一些合金可以接近稳定的状态，但是一些合金，特别是包含镁硅或者是镁锌的合金需要更长的时间老化。

通过控制加热时间或略提高温度的加热，可以得到更高强度的稳定的状态。这个过程叫人工老化或者沉淀硬化。通过适当的进行热处理工艺组合，淬火，冷却和人工老化，可以得到更高硬度。

覆盖合金 -可热处理铝合金主要成分是铜、锌，他们的腐蚀性比不可热处理合金更小。为了增加这种合金薄板抗腐蚀的能力，通常用高纯度的铝加少量的镁硅合金，或者用锌含量 1%铝合金进行覆盖。每边覆盖层的厚度通常是总厚度的 2 至 5%。复合不但保护自身固有的耐蚀性,但也产生了电化效应，为核心内容提供了进一步的保护。

特殊的复合材料不仅具有不可热处理合金的钎焊、防腐性能,还可以为特殊表面镀层。出于类似的原因，某些合金管状形式导线在表层覆盖特殊的复合材料就处于类似的原因,根据这项实验也取得了机械零部件的复合材料的应用。

## 铝合金：合金元素的影响

1000系列 铝为 99%或高纯有许多应用,特别是在电气和化学领域。这些合金具有良好的耐腐蚀性、高热量和导电性,力学性能低和优良的性能。适度增加高强度可得到。铁和硅的主要杂质。

2000系列 这里铜合金是主要元素,这些合金需要热处理获得最佳性能;在热处理条件机械性能有时超过那些一般的钢材。在某些情况下,采用人工加速老化,伴随强度的进一步提高曝露出屈服强度的损失;其影响伸长拉伸(最终)力不是很好。

2000系列合金不需要有良好的耐腐蚀性在某些情况下,它们可以服从于晶间腐蚀。因此,这些合金板的形式通常是用高纯度覆着合金或由 6000系列镁硅合金的提供电化保护,从而大大增加芯材的耐腐蚀。2024合金或许是认识到最好的最广泛使用的飞机合金。

3000系列-这里锰是主要的元素,它通常是不能热处理,一般情况下大约只有 1.5%锰能被添加到铝合金中,比较广泛流行的 3003 是其中之一,它是广泛应用的中等强度且具有很好加工性的通用合金。

4000系列-这里矽是主要的元素,他可以足够的添加进去,导致合金熔点降低。因为这个原因,铝矽合金经常用在焊接和钎焊合金这些需要熔点比母材熔点低的情况下。该系列最适合不热处理合金,但当用于焊接热处理合金,他会选择的合金的成分,所以对后者是有限的程度。这种合金包含一定数量的矽,矽在阳极氧化结束时会变成暗灰色,因为在建筑中有一定的需求。

5000系列-镁是最有效的和广泛使用的铝合金元素之一。当镁或者镁和锰作为主要的合金元素,结果就是中等强度的不能热处理合金。镁是被认为大大高于锰的硬化剂,大约 0.8%镁相当于 1.25%锰,并且他可以添加足够的数量。这个系列的合金表现出很好的焊接特性和很好的在海洋环境下也很好的抵抗腐蚀的性质。然而,在冷工作和安全温度条件下应该对镁元素含量有适当限制(大于约 3.5%以上工作温度 大于 150°F (66°C))以避免压力腐蚀的敏感性。

6000系列-这组包含硅合金和镁的比例大致可以形成硅化镁,使他们可以进行热处理,这里主要的合金是 6061,是用途最多的可热处理合金之一。虽然强度上没有大多数 2000 或者 7000 合金高,但镁硅(或者硅镁)合金具有良好的强度、塑性和中耐腐蚀性。其可能形成 T4 特性(是热处理形成的不是人为老化)然后通过人工时效达到 T6 的属性。

7000系列-这组锌是主要的元素,当和一定比例的镁结合会使可热处理合金产生很高的强度。其它的元素像铜和铬可以少量的添加。这里比较突出的是 7075,这种最高强度合金应用在框架结构和高应力部位。

Source: The Aluminum Association, Aluminum Standards and Data 1974-75. <http://www.aluminum.org/>

## Chapter 4

S.A.E. 钢典型的热处理:

表 1- 低碳钢热处理工艺

SAE 钢 <sup>1</sup>	渗碳温度 F	冷却	轧制温度	淬火介质	渗碳温度 F <sup>2</sup>	淬火介质	回火, F <sup>3</sup>
1010	-	-	-	-	788 ° -900 ° ( 1450-1650 )	油	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1015	-	-	-	-	788 ° -900 ° ( 1450-1650 )	油	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1016	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	水或腐蚀剂	-	-	788 ° -900 ° ( 1450-1650 )	油	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1018	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	水或腐蚀剂	788 ° ( 1450 )	水或腐蚀剂 <sup>4</sup>	788 ° -900 ° ( 1450-1650 )	油	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1019	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	水或腐蚀剂	788 ° ( 1450 )	水或腐蚀剂 <sup>4</sup>	788 ° -900 ° ( 1450-1650 )	油	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1020	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	水或腐蚀剂	788 ° ( 1450 )	水或腐蚀剂 <sup>4</sup>	788 ° -900 ° ( 1450-1650 )	油	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1022	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	水或腐蚀剂	788 ° ( 1450 )	水或腐蚀剂 <sup>4</sup>	788 ° -900 ° ( 1450-1650 )	油	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1026	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	水或腐蚀剂	788 ° ( 1450 )	水或腐蚀剂 <sup>4</sup>	788 ° -900 ° ( 1450-1650 )	油	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1030	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	水或腐蚀剂	788 ° ( 1450 )	水或腐蚀剂 <sup>4</sup>	788 ° -900 ° ( 1450-1650 )	油	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1109	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	水或油	760 ° -788 ° ( 1400-1450 )	水或腐蚀剂 <sup>4</sup>	-	-	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1117	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	水或油	760 ° -871 ° ( 1450-1600 )	水或腐蚀剂 <sup>4</sup>	788 ° -900 ° ( 1450-1650 )	油	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1118	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油	760 ° -871 ° ( 1450-1600 )	油	-	-	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1513	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油	788 ° ( 1450 )	油	-	-	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1518	-	-	-	-	-	-	-
1522	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油	788 ° ( 1450 )	油	-	-	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1524 (1024)	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油	788 ° ( 1450 )	油	-	-	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1525	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油	788 ° ( 1450 )	油	-	-	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1526	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油	788 ° ( 1450 )	油	-	-	121 ° -204 ° ( 250-400 )
1527 (1027)	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油	788 ° ( 1450 )	油	-	-	121 ° -204 ° ( 250-400 )

- (1) 一般的所列碳钢不需正火处理以保证后续加工的需要, 尽管有时正火温度高于碳化温度 50°F 被提到是非常重要的要求
- (2) 高锰钢如 1118 和 1500 不经常被碳化处理, 但如果做了碳氮处理, 请小心控制氮层的厚度, 因为会增加残余奥氏体
- (3) 尽管引用了低温处理, 但温度的降低一般不采用。回火一般应用于钢应力消除和增加耐磨性。高温保持有助于表面硬化的处理

(4) 3% 氢氧化钠.

Link S. A. E. International: <http://www.sae.org/>

S.A.E.钢典型的热处理：表 2 -碳钢热处理工艺

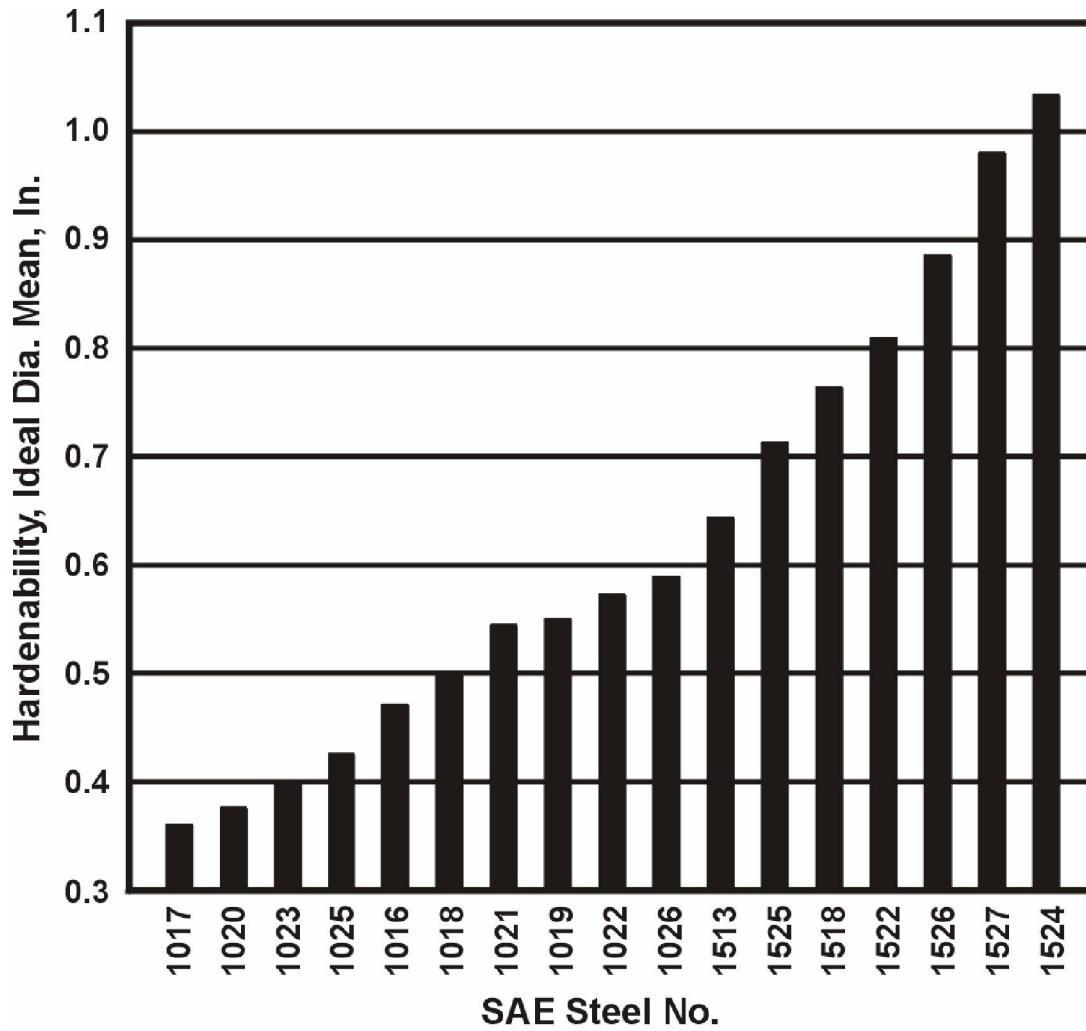
SAE 钢	正火温度 F	退火温度 F	淬火温度 F	淬火介质	回火 <sup>1</sup>
1030	-	-	857 ° -871 ° ( 1575-1600 )	水或腐蚀剂	需要值
1035	-	-	843 ° -871 ° ( 1550-1600 )	水或腐蚀剂	需要值
1037	-	-	829 ° -857 ° ( 1525-1575 )	水或腐蚀剂	需要值
1038 <sup>2</sup>	-	-	829 ° -857 ° ( 1525-1575 )	水或腐蚀剂	需要值
1039 <sup>2</sup>	-	-	829 ° -857 ° ( 1525-1575 )	水或腐蚀剂	需要值
1040 <sup>2</sup>	-	-	829 ° -857 ° ( 1525-1575 )	水或腐蚀剂	需要值
1042	-	-	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	水或腐蚀剂	需要值
1043 <sup>2</sup>	-	-	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	水或腐蚀剂	需要值
1045 <sup>2</sup>	-	-	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	水或腐蚀剂	需要值
1046 <sup>2</sup>	-	-	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	水或腐蚀剂	需要值
1050 <sup>2</sup>	871 ° -927 ° ( 1600-1700 )	-	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	水或腐蚀剂	需要值
1053	871 ° -927 ° ( 1600-1700 )	-	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	水或腐蚀剂	需要值
1060	871 ° -927 ° ( 1600-1700 )	760 ° -816 ° ( 1400-1500 )	857 ° -885 ° ( 1575-1625 )	油	需要值
1074	871 ° -927 ° ( 1600-1700 )	760 ° -816 ° ( 1400-1500 )	857 ° -885 ° ( 1575-1625 )	油	需要值
1080	871 ° -927 ° ( 1600-1700 )	760 ° -816 ° ( 1400-1500 <sup>3</sup> )	857 ° -885 ° ( 1575-1625 )	油 <sup>4</sup>	需要值
1084	871 ° -927 ° ( 1600-1700 )	760 ° -816 ° ( 1400-1500 <sup>3</sup> )	857 ° -885 ° ( 1575-1625 )	油 <sup>4</sup>	需要值
1085	871 ° -927 ° ( 1600-1700 )	760 ° -816 ° ( 1400-1500 <sup>3</sup> )	857 ° -885 ° ( 1575-1625 )	油 <sup>4</sup>	需要值
1090	843 ° -900 ° ( 1550-1650 )	760 ° -816 ° ( 1400-1500 <sup>3</sup> )	857 ° -885 ° ( 1575-1625 )	油 <sup>4</sup>	需要值



1095	843 ° -900 ° ( 1550-1650 )	760 ° -816 ° ( 1400-1500 <sup>3</sup> )	857 ° -885 ° ( 1575-1625 )	水或油	需要值
1137	-	-	843 ° -871 ° ( 1550-1600 )	油	需要值
1141	-	760 ° -816 ° ( 1400-1500 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值
1144	871 ° -927 ° ( 1600-1700 )	760 ° -816 ° ( 1400-1500 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值
1145	-	-	802 ° -816 ° ( 1475-1500 )	水或油	需要值
1146	-	-	802 ° -816 ° ( 1475-1500 )	水或油	需要值
1151	871 ° -927 ° ( 1600-1700 )	-	802 ° -816 ° ( 1475-1500 )	水或油	需要值
1536	871 ° -927 ° ( 1600-1700 )	-	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	水或油	需要值
1541 (1041)	871 ° -927 ° ( 1600-1700 )	760 ° -816 ° ( 1400-1500 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	水或油	需要值
1548 (1048)	871 ° -927 ° ( 1600-1700 )	-	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值
1552 (1052)	871 ° -927 ° ( 1600-1700 )	-	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值
1566 (1066)	871 ° -927 ° ( 1600-1700 )	-	857 ° -885 ° ( 1575-1625 )	油	需要值

- (1) 尽管引用了低温处理，但温度的降低一般不采用。回火一般应用于钢应力消除和增加耐磨性。高温保持有助于表面硬化的处理
- (2) 所有 SAE 1030 以上标号的钢都要硬化处理
- (3) 球体形状通常被要求来保证机械性质，同时需要满冷和等温处理来达到需要的形状
- (4) 通常用水或盐水和特殊工艺如半淹没和控制淬火时间，否则会造成淬火变形

Link S. A. E. International: <http://www.sae.org/>



**Basis of Calculation:**  
No. 7 Grain Size  
Mean Carbon of Grade  
Mean Manganese of Grade

**Fig. 1 - Selection of Carbonizing Grades of Carbon Steel on Relative Hardenability Basis**

Link S. A. E. International: <http://www.sae.org/>

表 3 合金渗碳钢

SAE 钢 <sup>1</sup>	预处理			渗碳温度 <sup>5</sup> F	淬火方法	回火温度 F	淬火介质	回火 <sup>4</sup> 温度 F
	正火 <sup>2</sup>	正火 & 回火 <sup>3</sup>	退火 <sup>4</sup>					
4012	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
4023	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
4024	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
4027	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油 <sup>7</sup>	-	-	121 ° -177 ° ( 250-350 )
4028	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
4032	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
4118	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油 <sup>7</sup>	-	-	121 ° -177 ° ( 250-350 )
4320	需要	-	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油 <sup>7</sup>	-	-	
				900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	慢速冷却	829 ° -843 ° ( 1525-1550 <sup>9</sup> )	油	121 ° -177 ° ( 250-350 )
4419	需要	-	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
4422	需要	-	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油 <sup>7</sup>	-	-	121 ° -177 ° ( 250-350 )
4427	需要	-	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
4615	需要	-	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
4617	需要	-	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油 <sup>7</sup>	-	-	121 ° -177 ° ( 250-350 )
4620	需要	-	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	慢速冷却	829 ° -843 ° ( 1525-1550 <sup>9</sup> )	油	121 ° -177 ° ( 250-350 )
4621	需要	-	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油	829 ° -843 ° ( 1525-1550 <sup>8</sup> )	油	121 ° -177 ° ( 250-350 )
4626	需要	-	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
4718	需要	-	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
4720	需要	-	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油	829 ° -843 ° ( 1525-1550 <sup>8</sup> )	油	121 ° -177 ° ( 250-350 )
4815	-	需要	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油 <sup>7</sup>	-	-	121 ° -177 ° ( 250-350 )
4817	-	需要	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	慢速冷却	802 ° -829 ° ( 1475-1525 )	油	121 ° -163 ° ( 250-325 )
4820	-	需要	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油	802 ° -829 ° ( 1475-1525 )	油	121 ° -163 ° ( 250-325 )

5015	需要	-	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
5115	需要	-	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油 <sup>7</sup>	-	-	121 ° -177 ° ( 250-350 )
5120	需要	-	需要	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
6118	需要	-	-	900 °	油 <sup>7</sup>	-	-	163 ° ( 325 )
8115	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
8615	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
8617	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
8620	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油 <sup>7</sup>	-	-	121 ° -177 ° ( 250-350 )
8622	需要	-	-	1650-1700	慢速冷却	816 ° -871 ° <sup>9</sup> ( 1500-1600 <sup>9</sup> )	油	121 ° -177 ° ( 250-350 )
8625	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油	816 ° -871 ° <sup>8</sup> ( 1500-1600 <sup>8</sup> )	油	121 ° -177 ° ( 250-350 )
8627	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
8720	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
8822	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )				
9310	-	需要	-	871 ° -927 ° ( 1600-1700 )	油	788 ° -829 ° <sup>8</sup> ( 1450-1525 <sup>8</sup> )		
					慢速冷却	788 ° -829 ° <sup>9</sup> ( 1450-1525 <sup>9</sup> )	油	121 ° -177 ° ( 250-350 )
94B15	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油 <sup>7</sup>	-	-	121 ° -177 ° ( 250-350 )
94B17	需要	-	-	900 ° -927 ° ( 1650-1700 )	油 <sup>7</sup>	-	-	121 ° -177 ° ( 250-350 )

- (1) 钢纹理细致，不需要处理粗纹理
- (2) 正火温度必须大于渗碳 温度同时室温淬火.
- (3) 正火后，回火温度到 1100-1200°F 并保持 1 hr/in. 截面或 4 hr 最少.
- (4) 当退火时，温度大于渗碳温度，保持一致，在 1000-1250°F 迅速冷却，保持 1 - 3 小时，在室温下冷却.
- (5) 通常渗碳温度降到 1550°F 后淬火减少变形和残余奥氏体. 对于 4800 钢，渗碳温度降到 1500°F 后淬火.
- (6) 回火处理选用. 回火一般应用于钢应力消除和增加耐磨性。高温保持有助于表面硬化的处理。
- (7) 此种处理用于减少工件的变形。
- (8) 此处处理用于纹理处理。保证工件渗碳处理后的性质和形状。
- (9) 此处处理是满冷，室温最好。然后回火再油淬。必须回火。此处理用于渗碳和硬化之间。保证工件在渗碳后最小的变形，如注释 5.

S.A.E 钢典型的热处理：

表-4-常见合金钢热处理规范

SAE 钢	正火 <sup>2</sup> 温度 F	退火 <sup>4</sup> 温度 F	硬化 <sup>5</sup> 温度 F	淬火 介质	回火
1330	871°-927° ( 1600-1700 )	843 ° -900 ° ( 1550-1650 )	830 ° -857 ° ( 1525-1575 )	水或油	需要值
1335	871°-927° ( 1600-1700 )	843 ° -900 ° ( 1550-1650 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油油	需要值
1340	871°-927° ( 1600-1700 )	843 ° -900 ° ( 1550-1650 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值
1345	871°-927° ( 1600-1700 )	843 ° -900 ° ( 1550-1650 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值
4037	-	816 ° -857 ° ( 1500-1575 )	829 ° -857 ° ( 1525-1575 )	油	需要值
4042	-	816 ° -857 ° ( 1500-1575 )	829 ° -857 ° ( 1525-1575 )	油	需要值
4047	-	788 ° -843 ° ( 1450-1550 )	816 ° -857 ° ( 1500-1575 )	油	需要值
4130	871°-927° ( 1600-1700 )	788 ° -843 ° ( 1450-1550 )	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	水或油	需要值
4135	-	788 ° -843 ° ( 1450-1550 )	843 ° -871 ° ( 1550-1600 )	油	需要值
4137	-	788 ° -843 ° ( 1450-1550 )	843 ° -871 ° ( 1550-1600 )	油	需要值
4140	-	788 ° -843 ° ( 1450-1550 )	843 ° -871 ° ( 1550-1600 )	油	需要值
4142	-	788 ° -843 ° ( 1450-1550 )	843 ° -871 ° ( 1550-1600 )	油	需要值
4145	-	788 ° -843 ° ( 1450-1550 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值
4147	-	788 ° -843 ° ( 1450-1550 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值
4150	-	788 ° -843 ° ( 1450-1550 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值
4161	-	788 ° -843 ° ( 1450-1550 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值, 700 F, min
4340	871°-927° ( 1600-1700 )	788 ° -843 ° ( 1450-1550 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值

50B40	871°-927° ( 1600-1700 )	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值
50B44	871°-927° ( 1600-1700 )	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值
5046	871°-927° ( 1600-1700 )	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值
50B46	871°-927° ( 1600-1700 )	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值
50B50	871°-927° ( 1600-1700 )	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	802 ° -843 ° ( 1475-1550 )	油	需要值
5060	871°-927° ( 1600-1700 )	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	802 ° -843 ° ( 1475-1550 )	油	需要值
50B60	871°-927° ( 1600-1700 )	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	802 ° -843 ° ( 1475-1550 )	油	需要值
5130	871°-927° ( 1600-1700 )	788 ° -843 ° ( 1450-1550 )	830 ° -857 ° ( 1525-1575 )	水, 侵蚀剂 , 或油	需要值
5132	871°-927° ( 1600-1700 )	788 ° -843 ° ( 1450-1550 )	830 ° -857 ° ( 1525-1575 )	水, 侵蚀剂 , 或油	需要值
5135	871°-927° ( 1600-1700 )	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值
5140	871°-927° ( 1600-1700 )	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	816 ° -843 ° ( 1500-1550 )	油	需要值
5147	871°-927° ( 1600-1700 )	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	802 ° -843 ° ( 1475-1550 )	油	需要值
5150	871°-927° ( 1600-1700 )	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	802 ° -843 ° ( 1475-1550 )	油	需要值
5155	871°-927° ( 1600-1700 )	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	802 ° -843 ° ( 1475-1550 )	油	需要值
5160	871°-927° ( 1600-1700 )	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	802 ° -843 ° ( 1475-1550 )	油	需要值
51B60	871°-927° ( 1600-1700 )	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	802 ° -843 ° ( 1475-1550 )	油	需要值
50100	-	732 ° -788 ° ( 1350-1450 )	774 ° -802 ° ( 1425-1475 )	水	需要值
51100	-	732 ° -788 ° ( 1350-1450 )	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	油	需要值
52100	-	732 ° -788 ° ( 1350-1450 )			需要值
6150	-	843 ° -900 ° ( 1550-1650 )	843 ° -885 ° ( 1550-1625 )	油	需要值
61B45	871°-927° ( 1600-1700 )	843 ° -900 ° ( 1550-1650 )	816 ° -857 ° ( 1500-1575 )	油	需要值
8630	871°-927° ( 1600-1700 )	788 ° -843 ° ( 1450-1550 )	829 ° -871 ° ( 1525-1600 )	水或油	需要值
8637	-	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	829 ° -857 ° ( 1525-1575 )	油	需要值
8640	-	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	829 ° -857 ° ( 1525-1575 )	油	需要值
8642	-	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	816 ° -857 ° ( 1500-1575 )	油	需要值

8645	-	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	816 ° -857 ° ( 1500-1575 )	油	需要值
86B45	-	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	816 ° -857 ° ( 1500-1575 )	油	需要值
8650	-	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	816 ° -857 ° ( 1500-1575 )	油	需要值
8655	-	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	802 ° -843 ° ( 1475-1550 )	油	需要值
8660	-	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	802 ° -843 ° ( 1475-1550 )	油	需要值
8740	-	816 ° -871 ° ( 1500-1600 )	829 ° -857 ° ( 1525-1575 )	油	需要值
9254	-	-	816 ° -900 ° ( 1500-1650 )	油	需要值
9260	-	-	816 ° -900 ° ( 1500-1650 )	油	需要值
94B30	871°-927° ( 1600-1700 )	788 ° -843 ° ( 1450-1550 )	843 ° -900 ° ( 1550-1625 )	油	需要值

(1) 细致纹理

(2) 需要正火或退火工艺

(3) 回火温度在 110-1225 之间

(4) 退火时间依据钢的合金成分，后续的机加工工序和表面处理工序要求

(5) 通常来说，这些钢材，除了型号 4340,50100,51100，和 52100，被硬化和退火到一个最终可加工的硬度无需预先的热处理

Link S. A. E. International: <http://www.sae.org/>

S.A.E.钢典型热处理：含碳量%不同钢材的主要用途

含碳量%	经常应用
0.30-0.37	经过热处理达到中等强度和较大韧性
0.40-0.42	经过热处理达到高强度和好的韧性
0.45-0.50	经过热处理达到高硬度、强度和中等韧性
0.50-0.60	弹簧和手动工具
1.02	球和滚柱轴承

表 5-镍铬奥钢不适用热处理工艺进行的硬化处理工艺

UNS Designation	AISI #	处理	正火	退火 <sup>1</sup> 温度,F	硬化 温度,F	Quenchin 介质 g	回火
S20100	201	1	-	1010 ° -1121 ° ( 1850-2050 )	-	水 或者空气	-
S20200	202	1	-	1010 ° -1121 ° ( 1850-2050 )	-	水 或者空气	-
S30100	301	1	-	982 ° -1149 ° ( 1800-2100 )	-	水 或者空气	-
S30200	302	1	-	982 ° -1149 ° ( 1800-2100 )	-	水 或者空气	-
S30300	303	1	-	982 ° -1149 ° ( 1800-2100 )	-	水 或者空气	-
S30400	304	1	-	982 ° -1149 ° ( 1800-2100 )	-	水 或者空气	-
S30500	305	1	-	982 ° -1149 ° ( 1800-2100 )	-	水 或者空气	-
S30900	309	1	-	982 ° -1149 ° ( 1800-2100 )	-	水 或者空气	-
S31000	310	1	-	982 ° -1149 ° ( 1800-2100 )	-	水 或者空气	-
S31600	316	1	-	982 ° -1149 ° ( 1800-2100 )	-	水 或者空气	-
S31700	317	1	-	982 ° -1149 ° ( 1800-2100 )	-	水 或者空气	-
S32100	321	1	-	982 ° -1149 ° ( 1800-2100 )	-	水 或者空气	-
N08330	330	1	-	1121 ° -1232 ° ( 2050-2250 )	-	Air	-
S34700	347	1	-	982 ° -1149 ° ( 1800-2100 )	-	水 或者空气	-



- (1) 淬火为了产生全部的奥氏体结构,使用水或者空气依据切片的厚度。退火温度特定的覆盖过程和全部的退火已经被工业界所建立和使用

Link S. A. E. International: <http://www.sae.org/>

S.A.E.钢典型热处理：表6- 含铬不锈钢

SAE 钢	AISI #	处理 #	正火 温度 F	分部退火 温度 F	完全退火 <sup>1</sup> 温度 F	硬化温度 F	淬火 介质	回火
S40900	409	1	-	-	843 ° -900 ° ( 1550-1650 )	-	Air	-
S41000	410	1	-	704 ° -732 ° <sup>2</sup> ( 1300-1350 <sup>2</sup> )	843 ° -900 ° ( 1550-1650 )	-	油 或者 空气	需要值
		2	-	-	-	954 ° -1010 ° ( 1750-1850 )		
S41400	414	1	-	649 ° -677 ° <sup>2</sup> ( 1200-1250 <sup>2</sup> )	-	-	油 或者 空气	需要值
		2	-	-	-	954 ° -1010 ° ( 1750-1850 )		
S41600	416	1	-	704 ° -732 ° <sup>2</sup> ( 1300-1350 <sup>2</sup> )	843 ° -900 ° ( 1550-1650 )	-	油 或者 空气	需要值
		2	-	-	-	954 ° -1010 ° ( 1750-1850 )		
S42000	420	1	-	732 ° -788 ° <sup>2</sup> ( 1350-1450 <sup>2</sup> )	843 ° -900 ° ( 1550-1650 )	-	油 或者 空气	需要值
		2	-	-	-	982 ° -1010 ° ( 1800-1850 )		
S42020	420F	1	-	732 ° -788 ° <sup>2</sup> ( 1350-1450 <sup>2</sup> )	843 ° -900 ° ( 1550-1650 )	-	油 或者 空气	需要值
		2	-	-	-	982 ° -1010 ° ( 1800-1850 )		
S43000	430	1	-	760 ° -816 ° <sup>4</sup> ( 1400-1500 <sup>4</sup> )	-	-	-	-
S43020	430F	1	-	677 ° -816 ° <sup>4</sup> ( 1250-1500 <sup>4</sup> )	-	-	-	-
S43100	431	1	-	621 ° -663 ° <sup>2</sup> ( 1150-1225 <sup>2</sup> )	-	982 ° -1038 ° ( 1800-1900 )	油 或者 空气	需要值
S43400	434							
S43600	436	1	-	760 ° -816 ° <sup>4</sup> ( 1400-1500 <sup>4</sup> )	-	-	-	-
S44002	440A							
S44003	440B							
S44004	440C <sup>3</sup>		-	732 ° -782 ° <sup>2</sup> ( 1350-1440 <sup>2</sup> )	843 ° -900 ° ( 1550-1650 )	1010 ° -1066 ° ( 1850-1950 )	油 或者 空气	需要值
S44200	442	1	-	782 ° -816 ° <sup>4</sup> ( 1440-1500 <sup>4</sup> )	-	-	-	-
S44600	446	1	-	816 ° -900 ° <sup>2</sup> ( 1500-1650 <sup>2</sup> )	-	-	-	-
51501	501		-	718 ° -746 ° <sup>4</sup> ( 1325-1375 <sup>4</sup> )	829 ° -871 ° ( 1525-1600 )	1600-1700 ( 871°-927° )	油 或者 空气	需要值

(1) 在炉中缓慢得冷却

(2) 通常为空气冷却的但也可炉子冷却

(3) 以 A,B 和 C 为后缀的表示 3 个种类的钢不同之处只在于碳的含量。以 F 为后缀的表示一种可加工的钢

(4) 在空气中可快速冷却

Link S. A. E. International: <http://www.sae.org/>

S.A.E.钢典型热处理：表 7- 不锈钢

Proprietary Designation	处理 #	分部 退火 温度 F	全部 退火 温度 F	硬化 温度 F	淬火 介质	回火
203-EZ	1	-	1010 ° -1121 ° ( 1850-2050 <sup>1</sup> )	-	水 或者空气	-
303 Ma	1	-	1010 ° -1121 ° ( 1850-2050 <sup>1</sup> )	-	水 或者空气	-
303 Pb	1	-	1010 ° -1121 ° ( 1850-2050 <sup>1</sup> )	-	水 或者空气	-
303 Cu	1	-	1010 ° -1121 ° ( 1850-2050 <sup>1</sup> )	-	水 或者空气	-
303 Plus X	1	704 ° -732 ° <sup>2</sup> (1300-1350 <sup>2</sup> )	843 ° -900 ° <sup>3</sup> ( 1550-1650 <sup>3</sup> )	-	-	-
416 Plus X	11	-	-	954 ° -1010 ° ( 1750-18500 )	油 或者空气	需要值

(1) 淬火为了产生全部的奥氏体结构,使用水或者空气依据切片的厚度。退火温度特定的覆盖过程和全部的退火作为被工厂已经建立和使用

(2) 通常为空气冷却但也可炉子冷却

(3) 缓慢地冷却

Link S. A. E. International: <http://www.sae.org/>

钢的规范退火温度

钢		正火 处理 温度 (a)		退火 (b)				
				温度		淬火,		硬化
类型	°C		°F	°C	°F	°C /h	°F /h	HB
<b>钼金属工具 钢</b>								
M1, M10		不需要 正火		815-970	1500-1600	22	40	207-235
M2		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	212-241
M3, M4		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	223-255
M6		不需要 正火		870	1600	22	40	248-277
M7		不需要 正火		815-870	1500-1600	22	40	217-255
M30, M33, M34, M36, M41, M42, M46, M47		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	235-269
M43		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	248-269
M44		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	248-293
<b>钨金属工具 钢</b>								
T1		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	217-255
T2		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	223-255
T4		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	229-269
T5		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	235-277
T6		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	248-293
T8		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	229-255
T15		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	241-277
<b>铬金属工具 钢</b>								
H10, H11, H12, H13		不需要 正火		845-900	1550-1650	22	40	192-229
H14		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	207-235
H19		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	207-241
<b>钨金属热工具 钢</b>								
H21, H22, H25		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	207-235
H23		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	212-255
H24, H26		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	217-241
<b>钼金属热工具 钢</b>								

H41, H43		不需要 正火		815-870	1500-1600	22	40	207-235
H42		不需要 正火		845-900	1550-1650	22	40	207-235
<b>高碳铬金属冷工具 钢</b>								
D2, D3, D4		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	217-255
D5		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	223-255
D7		不需要 正火		870-900	1600-1650	22	40	235-262
<b>合金冷工具 钢</b>								
A2		不需要 正火		845-870	1550-1600	22	40	201-229
A3		不需要 正火		845-870	1550-1600	22	40	207-229
A4		不需要 正火		740-760	1360-1400	14	25	200-241
A6		不需要 正火		730-745	1350-1375	14	25	217-248
A7		不需要 正火		870-900	1600-1650	14	25	235-262
A <sup>3</sup>		不需要 正火		845-870	1550-1600	22	40	192-223
A9		不需要 正火		845-870	1550-1600	14	25	212-248
A10	790		788 ° (1450)	765-795	1410-1460	8	15	235-269
<b>油冷硬化钢</b>								
O1	870		871 ° (1600)	760-790	1400-1450	22	40	183-212
O2	845		843 ° (1550)	745-775	1375-1425	22	40	183-212
O6	870		871 ° (1600)	765-790	1410-1450	11	20	183-217
O7	900		900 ° (1650)	790-815	1450-1500	22	40	192-217
<b>抗冲击应力钢</b>								
S1		不需要 正火		790-815	1450-1500	22	40	183-229(c)
S2		不需要 正火		760-790	1400-1450	22	40	192-217
S5		不需要 正火		775-800	1425-1475	14	25	192-229
S7		不需要 正火		815-845	1500-1550	14	25	187-223
<b>模具钢</b>								
P2		没要求		730	1350-1500	22	40	103-123
P3		没要求		815	1350-1500	22	40	109-137
P4		不需要 正火		870-900	1600-1650	14	25	116-128
P5		没要求		845-870	1550-1600	22	40	105-116

P6		没要求		845	1550	8	15	183-217
P20	900		900 ° ( 1650 )	760-790	1400-1450	22	40	149-179
P21	900		900 ° ( 1650 )	不需要 退火				
<b>低合金专用钢</b>								
L2	870-900		871 ° - 900 ° ( 1600- 1650 )	760-790	1400-1450	22	40	163-197
L3	900		900 ° ( 1650 )	790-815	1450-1500	22	40	174-201
L6	870		871 ° ( 1600 )	760-790	1400-1450	22	40	183-212
<b>碳钨特殊钢</b>								
F1	900		900 ° ( 1650 )	760-800	1400-1475	22	40	183-207
F2	900		900 ° ( 1650 )	790-815	1450-1500	22	40	207-235
<b>水淬硬化钢</b>								
W1, W2	790-925(d)		788 ° - 927 ° ( 1450- 1700(d)	740-790(e)	1360-1450(e)	22	40	156-201
W5	870-925		1600-1700 ( 871°- 927° )	760-790	1400-1450	22	40	163-201

- (a) 保温从 15 分钟到 1 小时，空气冷却。规范温度不应当作低温退火。
- (b) 上限温度使用较广泛，下线温度只是一小部分。依据工件材料，保温时间可从 1 小时到 4 小时。
- (c) 从含 Si 0.25 到 1.00 布氏硬度在 207- 229 HB 。
- (d) 依据碳含量，温度波动符合以下指标 0.60 至 0.75 °C, 815 °C (1500 °F); 0.75 至 0.90 °C, 790 °C (1450 °F); 0.90 至 1.10 °C, 870 °C (1600 °F); 1.10 至 1.40 °C, 870 至 925 °F (1600 至 1700 °F)。
- (e) 依据炭含量，温度波动符合以下指标 0.6 至 0.90 °C, 740 至 790 °C (1360 至 1450 °F); 0.90 至 1.40 °C, 760 至 790 °C (1400 至 1450 °F)。

Source: ASM Handbook Vol. 4, page 715, table 2. <http://products.asminternational.org/hbk/index.jsp>

## 工具钢的热处理工艺

		硬化淬火				淬火时间		回火温度	
		预热温度		淬火温度		temp, min	介质 介质 (a)	°C	°F
类型	加热速率	°C	°F	°C	°F				

<b>钼金属工具 钢钼合金高速钢</b>									
M1,M7, M10	预热后快速加热	730-845	1350-1550	1175-1220	2150-2225(b)	2-5	O, A or S	540-595(c)	1000-1100(c)
M2	预热后快速加热	730-845	1350-1550	1190-1230	2175-2250(b)	2-5	O, A or S	540-595(c)	1000-1100(c)
M3, M4, M30, M33, M34	预热后快速加热	730-845	1350-1550	1205-1230(b)	2200-2250(b)	2-5	O, A or S	540-595(c)	1000-1100(c)
M6	预热后快速加热	790	1450	1175-1205(b)	2150-2200(b)	2-5	O, A or S	540-595(c)	1000-1100(c)
M36	预热后快速加热	730-845	1350-1550	1200-1245(b)	2225-2275(b)	2-5	O, A or S	540-595(c)	1000-1100(c)
M41	预热后快速加热	730-845	1350-1550	1190-1215(b)	2175-2220(b)	2-5	O, A or S	540-595(c)	1000-1100(d)
M42	预热后快速加热	730-845	1350-1550	1190-1210(b)	2175-2210(b)	2-5	O, A or S	510-595(d)	950-1100(d)
M43	预热后快速加热	730-845	1350-1550	1190-1215(b)	2175-2220(b)	2-5	O, A or S	510-595(d)	950-1100(d)
M44	预热后快速加热	730-845	1350-1550	1200-1225(b)	2190-2240(b)	2-5	O, A or S	540-625(d)	1000-1160(d)
M46	预热后快速加热	730-845	1350-1550	1190-1220(b)	2175-2225(b)	2-5	O, A or S	525-565(d)	975-1050(d)
M47	预热后快速加热	730-845	1350-1550	1180-1205(b)	2150-2200(b)	2-5	O, A or S	525-595(d)	975-1100(d)
<b>钨金属工具 钢钨合金高速钢</b>									
T1, T2, T4, T8	预热后快速加热	815-870	1500-1600	1260-1300(b)	2300-2375(b)	2-5	O, A or S	540-595(c)	1000-1100(c)
T5, T6	预热后快速加热	815-870	1500-1600	1275-1300(b)	2325-2375(b)	2-5	O, A or S	540-595(c)	1000-1100(c)
T15	预热后快速加热	815-870	1500-1600	1205-1260(b)	2200-2300(b)	2-5	O, A or S	540-650(d)	1000-1200(d)
<b>钢铬合金高速钢</b>									
H10	预热后中速加热	815	1500	1010-1040	1850-1900	15-40(e)	A	540-650	1000-1200
H11, H12	预热后中速加热	815	1500	995-1025	1825-1875	15-40(e)	A	540-650	1000-1200
H13	预热后中速加热	815	1500	995-1040	1825-1900	15-40(e)	A	540-650	1000-1200
H14	预热后中速加热	815	1500	1010-1065	1850-1950	15-40(e)	A	540-650	1000-1200
H19	预热后中速加热	815	1500	1095-1205	2000-2200	2-5	A or O	540-705	1000-1300
<b>钼金属热工具 钢钼合金热工钢</b>									
H41, H43	预热后快速加热	730-845	1350-1550	1095-1190	2000-2175	2-5	O, A or S	565-650	1050-1200
H42	预热后快速加热	730-845	1350-1550	1120-1220	2050-2225	2-5	O, A or S	565-650	1050-1200
<b>钨金属热工具 钢钨合金热工钢</b>									
H21, H22	预热后快速加热	815	1500	1095-1205	2000-2200	2-5	A or O	595-675	1100-1250
H23	预热后快速加热	845	1550	1205-1260	2200-2300	2-5	O, A or S	650-815	1200-1500
H24	预热后快速加热	815	1500	1095-1230	2000-2250	2-5	O, A or S	565-650	1050-1200



H25	预热后快速加热	815	1500	1150-1260	2100-2300	2-5	A or O	565-675	1050-1250
H26	预热后快速加热	870	1600	1175-1260	2150-2300	2-5	O, A or S	565-675	1050-1250
<b>钢气硬化冷工钢</b>									
A2	缓慢地	790	1450	925-980	1700-1800	20-45	A	175-540	350-1000
A3	缓慢地	790	1450	955-980	1750-1800	25-60	A	175-540	350-1000
A4	缓慢地	675	1250	815-870	1500-1600	20-45	A	175-425	350-800
A6	缓慢地	650	1200	830-870	1525-1600	20-45	A	150-425	300-800
A7	十分缓慢地	815	1500	955-980	1750-1800	30-60	A	150-540	300-1000
A8	缓慢地	790	1450	980-1010	1800-1850	20-45	A	175-595	350-1100
A9	缓慢地	790	1450	980-1025	1800-1875	20-45	A	510-620	950-1150
A10	缓慢地	650	1200	790-815	1450-1500	30-60	A	175-425	350-800
<b>钢油硬冷工钢</b>									
O1	缓慢地	650	1200	790-815	1450-1500	10-30	O	175-260	350-500
O2	缓慢地	650	1200	760-800	1400-1475	5-20	O	175-260	350-500
O6	缓慢地	-	-	790-815	1450-1500	10-30	O	175-315	350-600
O7	缓慢地	650	1200	790-830	1450-1525	10-30	O or W	175-290	350-550
				845-885	1550-1625				
<b>钢抗冲击应力钢</b>									
S1	缓慢地	-	-	900-955	1650-1750	15-45	O	205-650	400-1200
S2	缓慢地	650(f)	1200(f)	845-900	1550-1650	5-20	B or W	175-425	350-800
S5	缓慢地	760	1400	870-925	1600-1700 (871°-927°)	5-20	O	175-425	350-800
S7	缓慢地	650-705	1200-1300	925-955	1700-1750	15-45	A or O	205-620	400-1150
<b>钢模具钢</b>									
P2	-	900-925(g)	1650-1700(g)	830-845(h)	1525-1550(h)	15	O	175-260	350-500
P3	-	900-925(g)	1650-1700(g)	800-830(h)	1475-1525(h)	15	O	175-260	350-500
P4	-	900-925(g)	1775-1825(g)	970-995(h)	1775-1825(h)	15	A or O	175-480	350-900
P5	-	900-925(g)	1650-1700(g)	845-870(h)	1550-1600(h)	15	O or W	175-260	350-500
P6	-	900-925(g)	1650-1700(g)	790-815(h)	1450-1500(h)	15	A or O	175-230	350-450
P20	-	870-900(h)	1600-1650(h)	815-870	1500-1600	15	O	480-595(i)	900-1100(i)
P21(j)	缓慢地	不需要 p 回火		705-730	1300-1350	60-180	A or O	510-550	950-1025
<b>钢低合金特殊钢</b>									
L2	缓慢地	-	-	W: 790-845	W: 1450-1550	10-30	O or W	175-540	350-1000
				O: 845-925	O: 1550-1700				

L3	缓慢地	-	-	W: 775-815	W: 1425-1500	10-30	O or W	175-315	350-600
				O: 815-870	O: 1500-1600				
L6	缓慢地	-	-	790-845	1450-1550	10-30	O	175-540	350-1000
<b>钢碳钨特殊钢</b>									
F1, F2	缓慢地	650	1200	790-870	1450-1600	15	W or B	175-260	350-500
<b>水-硬化 钢</b>									
W1, W2, W3	缓慢地	565-650(k)	1050-1200(k)	760-815	1400-1550	10-30	B or W	175-345	350-650
<b>钢高碳, 高铬冷工钢</b>									
D1, D5	十分缓慢地	815	1500	980-1025	1800-1875	15-45	A	205-540	400-1000
D3	十分缓慢地	815	1500	925-980	1700-1800	15-45	O	205-540	400-1000
D4	十分缓慢地	815	1500	970-1010	1775-1850	15-45	A	205-540	400-1000
D7	十分缓慢地	815	1500	1010-1065	1850-1950	30-60	A	150-540	300-1000

(a) O油淬, A气淬, S盐浴淬 W水淬 B盐水淬。

(b) 盐浴炉加热时, 温度比指标值低 15°C

(c) 建议二次回火, 每次不少于 1小时。

(d) 建议三次回火, 每次不少于 1小时。

(e) 适用于盐浴炉加热, 每毫米 1.2分钟加热时间, 一英寸 30分钟加热时间。

(f) 采用有效方法减少脱碳

(g) 渗碳温度

(h) 渗碳后

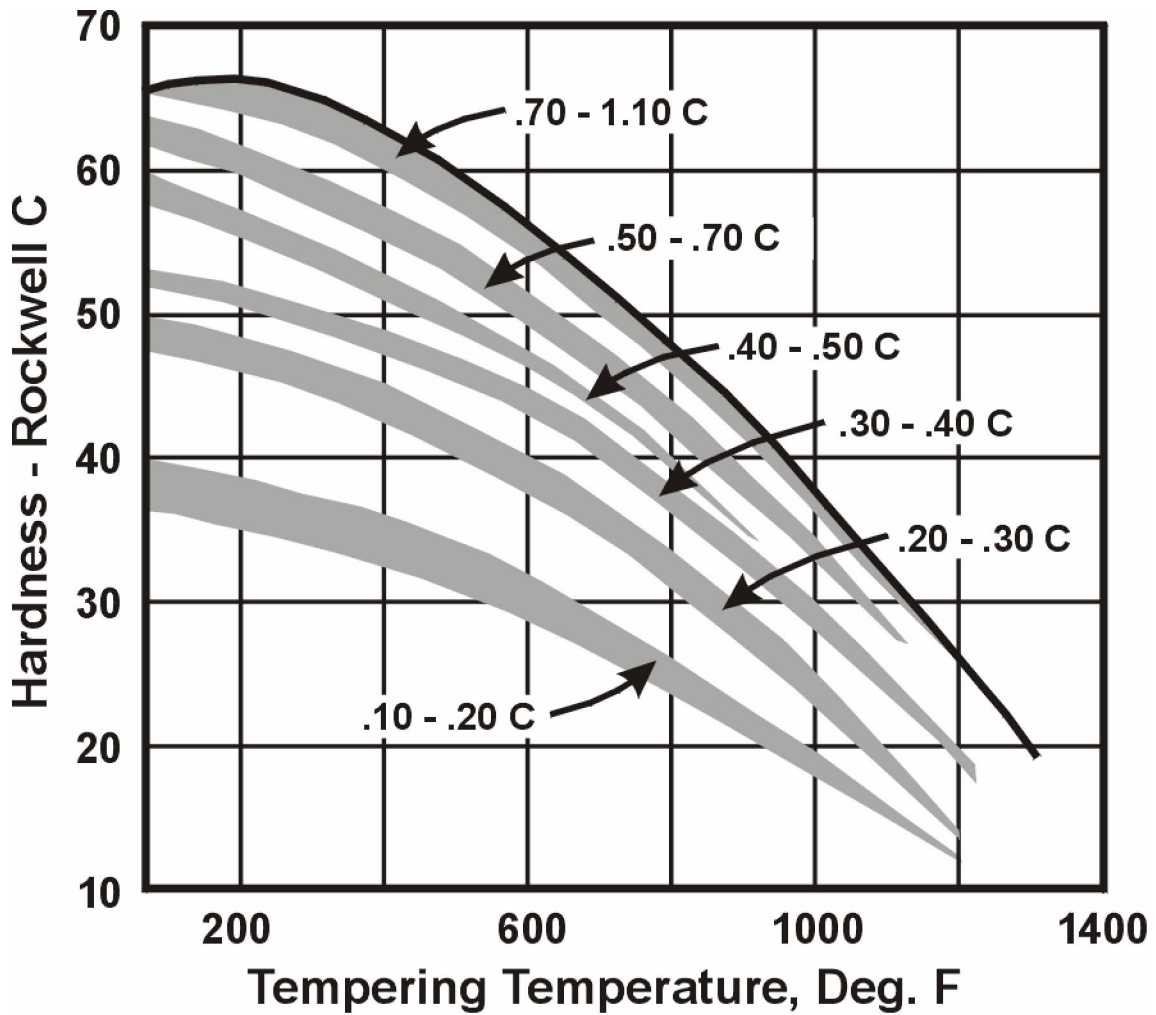
(i) 渗碳情况下硬度

(j) P21预硬化处理钢。

(k) 建议应用大型工具

Source: ASM Handbook Vol. 4, page 716-717, table 3. <http://products.asminternational.org/hbk/index.jsp>

硬度与回火温度



**The effect of carbon content on the hardness of tempered carbon steel**

Reprinted from Metals Engineering Institute  
 "Heat Treatment of Steel," 1957

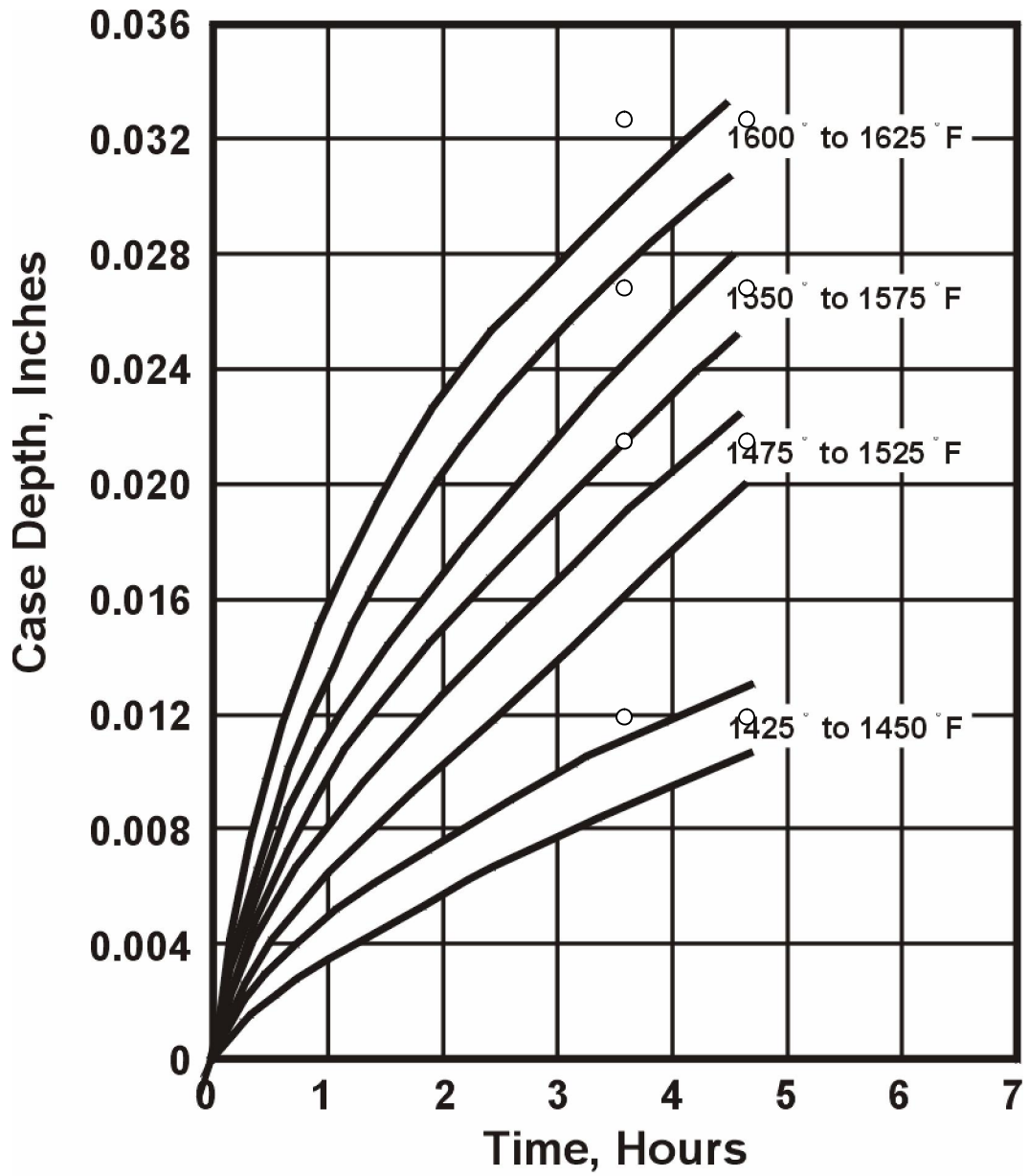
## 渗碳时间与温度

时间 小时	温度(F)									
	760 ° (14 00)	788 ° (14 50)	816 ° (15 00)	843 ° (15 50)	871 ° (16 00)	900 ° (16 50)	927 ° (17 00)	954 ° (17 50)	982 ° (18 00)	1010 ° (18 50)
1	0.008	0.010	0.012	0.015	0.018	0.021	0.025	0.029	0.034	0.040
2	0.011	0.014	0.017	0.021	0.025	0.030	0.035	0.041	0.048	0.056
3	0.014	0.017	0.021	0.025	0.031	0.037	0.043	0.051	0.059	0.069
4	0.016	0.020	0.024	0.029	0.035	0.042	0.050	0.059	0.069	0.079
5	0.018	0.022	0.027	0.033	0.040	0.047	0.056	0.066	0.077	0.089
6	0.019	0.024	0.030	0.036	0.043	0.052	0.061	0.072	0.084	0.097
7	0.021	0.026	0.032	0.039	0.047	0.056	0.066	0.078	0.091	0.105
8	0.022	0.028	0.034	0.041	0.050	0.060	0.071	0.083	0.097	0.112
9	0.024	0.029	0.036	0.044	0.053	0.063	0.075	0.088	0.103	0.119
10	0.025	0.031	0.038	0.046	0.056	0.067	0.079	0.093	0.108	0.126
11	0.026	0.033	0.040	0.048	0.059	0.070	0.083	0.097	0.113	0.132
12	0.027	0.034	0.042	0.051	0.061	0.073	0.087	0.102	0.119	0.138
13	0.028	0.035	0.043	0.053	0.064	0.076	0.090	0.106	0.123	0.143
14	0.029	0.037	0.045	0.055	0.066	0.079	0.094	0.110	0.128	0.149
15	0.031	0.039	0.047	0.057	0.068	0.082	0.097	0.114	0.133	0.154
16	0.032	0.039	0.048	0.059	0.071	0.084	0.100	0.117	0.137	0.159
17	0.033	0.040	0.050	0.060	0.073	0.087	0.103	0.121	0.141	0.164
18	0.033	0.042	0.051	0.062	0.075	0.090	0.106	0.125	0.145	0.169
19	0.034	0.043	0.053	0.064	0.077	0.092	0.109	0.128	0.149	0.173
20	0.035	0.044	0.054	0.066	0.079	0.094	0.112	0.131	0.153	0.178
21	0.036	0.045	0.055	0.067	0.081	0.097	0.114	0.134	0.157	0.182
22	0.037	0.046	0.056	0.069	0.083	0.099	0.117	0.138	0.161	0.186
23	0.038	0.047	0.058	0.070	0.085	0.101	0.120	0.141	0.164	0.190
24	0.039	0.048	0.059	0.072	0.086	0.103	0.122	0.144	0.168	0.195
25	0.039	0.049	0.060	0.073	0.088	0.106	0.125	0.147	0.171	0.199
26	0.040	0.050	0.061	0.075	0.090	0.108	0.127	0.150	0.175	0.203
27	0.041	0.051	0.063	0.076	0.092	0.110	0.130	0.153	0.178	0.206
28	0.042	0.052	0.064	0.078	0.094	0.112	0.132	0.155	0.181	0.210
29	0.042	0.053	0.065	0.079	0.095	0.114	0.134	0.158	0.185	0.214
30	0.043	0.054	0.066	0.080	0.097	0.116	0.137	0.161	0.188	0.217

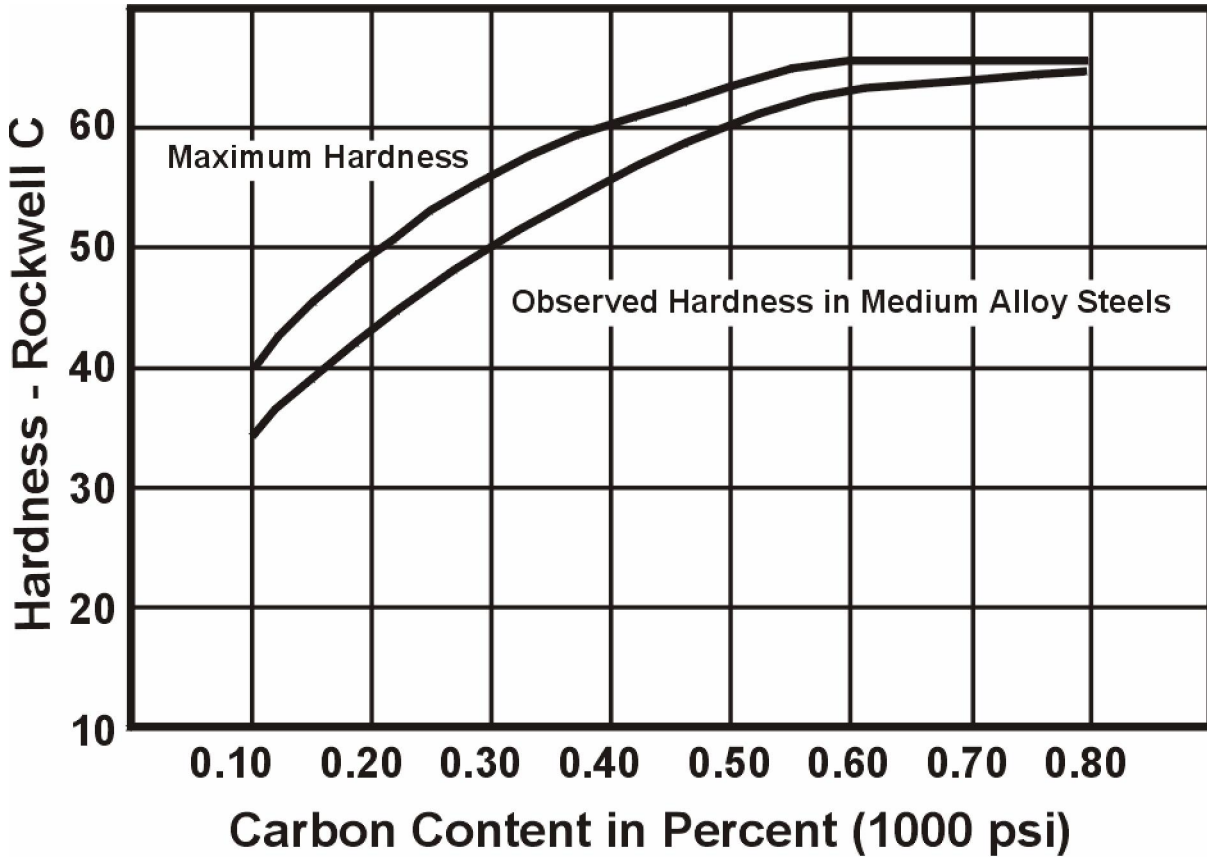
例如：4320 渗碳 1700 华氏度 11 小时硬化层 0.083 英寸。如果 0.100 英寸将需要 16 小时。

Source: Metal Progress, August 1943.

渗层图



*Courtesy Armour Ammonia Division  
Armour and Company*



**The hardness of martensite (untempered)  
as a function of carbon content**

*Courtesy of The United States Steel Corporation*

工业用真空炉设备的发展始于 1950 年。在热加工过程中，退火，淬火，烧结，回火，钎焊,扩散焊都可在真空中进行炉中。真空炉也可用于净化炉体而引入可控性气体。随着真空热处理技术有了新的应用，真空热处理设备市场才逐步不断扩大。

任何暴露在空气中的物质会吸附和吸收空气中的微小尘埃、水分子、化学气体和细菌。随着时间的推移，这种物质会与主体发生化学反应,产生氧化物，氮化物或复杂的有机化合物，这些物质都是不想要的,认为是污染杂质。在标准的热处理设备处理过程中需要通过还原性气氛移除或减少这些化学反应的污染物。氧化物与氢气的还原反应产生水蒸汽就是一个很好的例子。

真空热处理和传统的热处理（保护大气）的一个主要的不同就是氧化物有一系列反应发生。在这里，化合物的分裂压力代替了元件与气体之间的化学反应速率。这种方法比化学控制气体要更简单。当前许多常用的氧化物都在相应的真空环境中轻易地分解,而不需要使用还原剂。

这种真空处理可理解为气体在特定的含水量或露点中的处理过程。露点真空度等级不是一个基于环境的比较，但在比较处理工艺上是很有用的。特别对于那些需要光亮度的退火，硬化，及不锈钢的钎焊。如果有一个零下 100 华氏度的氢气露点，真空等级在  $1 \times 10^{-3}$  托的时候，就可以提供一个光亮的表面处理。真空本身所具有的清洁度和保护作用使之成为具有吸引力的工艺。

真空设备一般来说外形美观，具有噪音小，带有冷却功能，高效的特点。真空处理工艺用途广泛，适用性高，经济，环保。

### 真空温度

真空温度等级是与绝对压力相对应的。因此，高真空度意味着压力低。正常使用时，等级请参见下表 AVS 标准

真空温度	
低真空	大气 -1 mba
介质真空	- 1 mba - $10^3$ mba
高真空	- $10^3$ mba - $10^6$ mba
很高的真空	- $10^6$ mba - $10^9$ mba
超高的真空	- $10^9$ mba 和 $10^9$ mb 以下

<http://www.secowarwick.com/F&A.html>



## 大气环境下与真空环境下的热处理比较

大气环境下		真空热处理			
工艺	气氛	工艺	mbar - 真空度	气氛	温度
退火	N N+CH (CH) N+CHCH, i tp. atmosphere endo. i tp	退火	$10^3 - 10^1$	None N N+H	高于转移温度
硬化	同上	硬化	$10^3 - 10^1$	同上	1000 to 1500°C
应力消除	同上	应力消除	$10^1$ to $10^3$	同上	650 to 730°C
正火	同上	正火	$10^1$ to $10^3$	同上	高于转移温度 30-60度
回火	同上	回火	$10^2 - 10^3$	同上	低于 700°C
渗碳	N+CHCH+CH (or CH) endo. +CH etc	渗碳	4-400 2-10	CH CH CH (+H) CH+H (+Ar)	900 - 1100°C
渗氮	N <sub>2</sub> or N <sub>2</sub> +N (H) or N <sub>2</sub> +Q (N)	渗氮	0.5-10	N + H	490 - 570°C
球化	N <sub>2</sub> +endo or CO	球化	0.5-10	N+H+CH (CO)	低于 A <sub>e1</sub>
钎焊	H <sub>2</sub> or N+H <sub>2</sub> or endo	钎焊	$10^1 - 10^2$	None	高于 450 ° C
烧结	H <sub>2</sub> or N+H <sub>2</sub> or endo	烧结	$10^1 - 10^2$	None	高于 1200°C

真空热处理:淬火技术

气淬技术和设备的进步大大满足了日益增加的零件和材料的热处理需求。工具钢，硬质合金和镍合金，钴合金都在传统的融盐和油淬中处理。这些传统工艺热处理后需要清洗，还有潜在的开裂，变形等问题存在。由赛科/沃克开发的高压淬火炉采用了对流加热和高压淬火方式（20 巴）以填补气体淬火和油淬火冷却的空白。可以提供三种气淬真空炉适应不同的需求，这取决于钢的成分和截面尺寸，按照真空度分为分为 2 巴、6 巴、10 巴、20 巴。

## 6, 10 和 20 巴真空炉的应用

### 6 巴氮气冷却- 均匀散装料

$\lambda = 1.0 - 3.0$  对于合适的横截面在 1" (25 mm) – 4" (100 mm) 的范围

- h (e.g. M2 [AISI] up 横截面 3" (70 mm) – 4" (100 mm)高速钢
- h (H11/H13 [AISI] etc.)高合金热作模具钢
- h (1.2080 [DIN] 80 mm/100 mm) 高合金冷作模具钢
- h (e.g. 1.2842 [DIN] – 横截面 25 mm/40 mm; 1.2550, accord DIN 20 mm)小截面的合金钢
- h 有限界面的马氏体不锈钢
- h type 18/8 奥氏体钢

### 10 巴氮气冷却-均匀散装料

$\lambda = 8.0 - 2.0$  对于合适的横截面在 1" (25 mm) – 4" (100 mm)范围

( 装载量比 6 bar 多 30-40% )

- h 高速钢-横切面无限制,低密度  
高、中、低合金热作工具钢
- h (e.g. O1, O2, O6, O7, 4140, 4340, 1.4140 [AISI] 钢) 有限制横截面的高,中结构合金钢

### 20 巴氮气-氨氢/氮气冷却-高密度装料

$\lambda = 0.4 - 1.0$  对于合适的横截面在 1" (25 mm) – 4" (100 mm) 范围

( 装载量比 6 bar 多 80-150% )

- h 高速钢
- h 高、中、低合金热作模具钢
- h 高、中、低合金冷作模具钢
- h 适合油淬的合金钢，包括离子渗碳和渗碳工件的淬火

参数  $\lambda$  定义了工件心部温度由 800 降到 500 的时间。由于淬火条件的不同,可使用 TTT 图来推算工件的心部硬度。表 1 列出了几种合金钢在不同气压淬火硬度。

表 1 - 各种合金钢的硬化在 6,10 和 20 BAR ( 10<sup>5</sup> ) 的淬火真空炉中

Material	淬火 6/10/20 bar			HRC
	6 Bar	10 Bar	20 Bar	



1.2365 H10											50
1.2083 420											56
1.2316 (similar 422)											50
1.3343 M2											66
厚度 (毫 米)	20 3/4	40 1	60 2	8 0	10 0	12 0	14 0	16 0	18 0	20 0	
(英尺)		1/ 2	1/ 4	3 4	4 4	4 3/4	5 1/2	6 1/4	7 7	7 3/4	

#### 渗碳真空热处理：LPC 分析真空渗碳

从成本考虑，真空渗碳工艺自然的与生产相结合从整体上降低了生产成本。

随着钢材、机械产品对高质量和低成本追求，真空渗碳炉的需求日益增加。真空渗碳技术不使零件变形，且直接由气体降温。因为渗碳过程是在真空环境下进行的，所以零件的表面处理很干净，也不污染环境。真空炉系统提供“冷却到冷却”（冷却运行，冷却输出）并全自动操作，从而减少劳动力成本。

真空炉技术是一个绿色环保的生产过程，对环境无害。

这种工艺与传统的气体渗碳工艺最大的不同就是在提高质量和降低成本方面，如今真空渗碳技术都在控制成本和质量方面有所进步。

#### 渗碳真空渗碳速度比气体渗碳速度更快

真空渗碳的特点是在相变界面一个非常高系数的碳迁移。例如温度在 1740 华氏度（950 摄氏度）下，渗碳介质的流量达到 250 g/m<sup>2</sup>h 的速度。这意味着在薄渗碳层的情况下，此过程是绝对比气体渗碳快。在渗层厚的情况下其优点不是这么明显，例如超过 0.00315 英寸（0.8 毫米），渗碳转移的速度主要依赖于扩散系，会相对慢一些。

真空渗碳过程在高达 1900（1050）华氏度以上也能有很好的处理。处理过程中温度上升到 1700-1800 华氏度（950-980）。传统的气体渗碳,通常在一个 1600-1700（871°-927°）华氏度（880-930° C）温度范围内。

高的工作温度导致扩散系数的增加从而使渗碳周期更短。碳量和扩散系数加快是在真空渗碳效率比传统的气体渗碳高的主要原因。

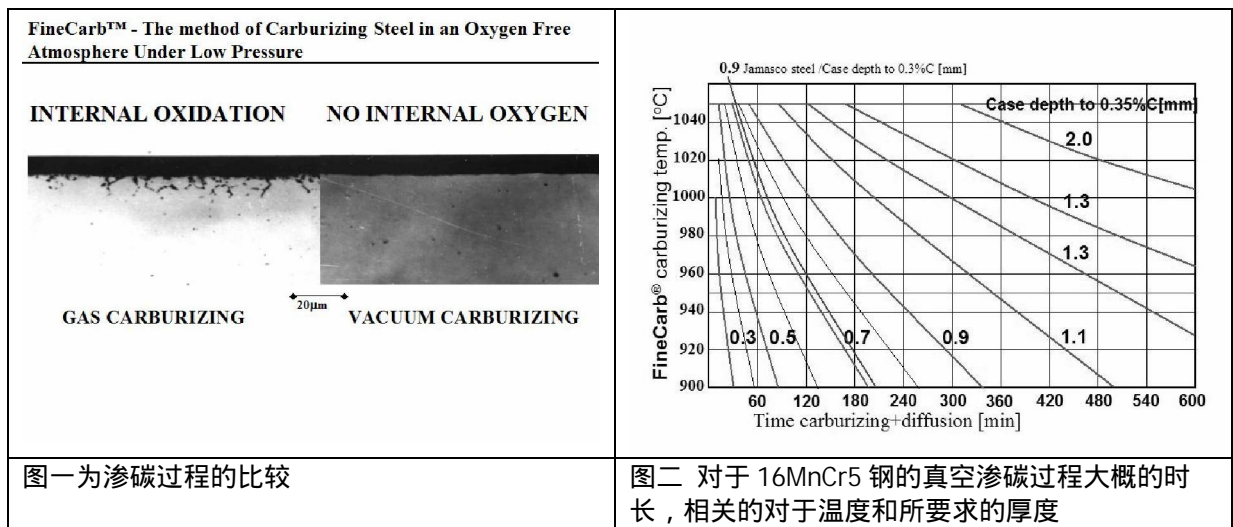
### 缩短工艺时间和减少能源消耗

真空渗碳与传统气体渗碳的不同体现在碳在高温下工件表面吸附的速度速度要快。但是，二者最主要的不同是炉体结构、化学处理的过程、工件的不变形和能源消耗低、加工成本低。并减少了废气排放，符合环保要求。

人们普遍认为缩短周期会降低加工成本。但是，在渗碳层厚的情况下（同一温度下），扩散系数的影响才是最主要的。对于薄层，特别是那些需要在高温中处理的高硬度钢材，真空气体渗碳比传统的气体渗碳有非常大的优势。下面的实例说明了真空渗碳的有效性。

真空渗碳方法可以给小通孔进行均匀渗碳处理，小孔的渗碳层和表面一致。不会出现内部氧化。

一个很好的例子是由 18CrNiMo7-6 (17HNM) 制作的柴油发动机。真空渗碳循环，通常在 840 -920 范围内进行,0.5 毫米厚渗碳时间为 11 分钟，扩散时间为 120 分钟，而气体渗碳工艺需要在 840 -850 范围内进行三次才能达到相同的质量。可以清晰的看到无氧化影响（见图 1）。



图一为渗碳过程的比较

图二 对于 16MnCr5 钢的真空渗碳过程大概的时长，相关的对于温度和所要求的厚度

## Chapter 6

### 硬度换算表：洛氏硬度标-淬硬钢和硬质合金

C	A	D	15N	30N	45N	G	Dph	Khn*	Bhn	拉伸强度
							10kg	500g &	300kg	10 <sup>3</sup> psi (大约)
80	92.0	86.5	96.5	92.0	87.0	-	1865	-	-	-
79	91.5	85.5	-	91.5	86.5	-	1787	-	-	-
78	91.0	84.5	96.0	91.0	85.5	-	1710	-	-	-
77	90.5	84.0	-	90.5	84.5	-	1633	-	-	-
76	90.0	83.0	95.5	90.0	93.5	-	1556	-	-	-
75	89.5	82.5	-	89.0	82.5	-	1478	-	-	-
74	89.0	81.5	95.0	88.5	81.5	-	1400	-	-	-

73	88.5	81.0	-	88.0	80.5	-	1323	-	-	-
72	88.0	80.0	94.5	87.0	79.5	-	1245	-	-	-
71	87.0	79.5	-	86.5	78.5	-	1160	-	-	-
70	86.5	78.5	94.0	86.0	77.5	-	1076	972	-	-
69	86.0	78.0	93.5	85.0	76.5	-	1004	946	-	-
68	85.5	77.0	-	84.5	75.5	-	942	920	-	-
67	85.0	76.0	93.0	83.5	74.5	-	894	895	-	-
66	84.5	75.5	92.5	83.0	73.0	-	854	870	-	-
65	84.0	74.5	92.0	82.0	72.0	-	820	846	-	-
64	83.5	74.0	-	81.0	71.0	-	789	822	-	-
63	83.0	73.0	91.5	80.0	70.0	-	763	799	-	-
62	82.5	72.5	91.0	79.0	69.0	-	739	776	-	-
61	81.5	71.5	90.5	78.5	67.5	-	716	754	-	-
60	81.0	71.0	90.0	77.5	66.5	-	695	732	614	-
59	80.5	70.0	89.5	76.5	65.5	-	675	710	600	-
58	80.0	69.0	-	75.5	64.0	-	655	690	587	-
57	79.5	68.5	89.0	75.0	63.0	-	636	670	573	-
56	79.0	67.5	88.5	74.0	62.0	-	617	650	560	-
55	78.5	67.0	88.0	73.0	61.0	-	598	630	547	301
54	78.0	66.0	87.5	72.0	59.5	-	580	612	534	291
53	77.5	65.5	87.0	71.0	58.5	-	562	594	522	282
52	77.0	64.5	86.5	70.5	57.5	-	545	576	509	273
51	76.5	64.0	86.0	69.5	56.0	-	528	558	496	264
50	76.0	63.0	85.5	68.5	55.0	-	513	542	484	255
49	75.5	62.0	85.0	67.5	54.0	-	498	526	472	246
48	74.5	61.5	84.5	66.5	52.5	-	485	510	460	237
47	74.0	60.5	84.0	66.0	51.5	-	471	495	448	229
46	73.5	60.0	83.5	65.0	50.0	-	458	480	437	221
45	73.0	59.0	83.0	64.0	49.0	-	446	466	437	214
44	72.5	58.5	82.5	63.0	48.0	-	435	452	426	207
43	72.0	57.5	82.0	62.0	46.5	-	424	438	415	200
42	71.5	57.0	81.5	61.5	45.5	-	413	426	404	194
41	71.0	56.0	81.0	60.5	44.5	-	403	414	393	188
40	70.5	55.5	80.5	59.5	43.0	-	393	402	382	182
39	70.0	54.5	80.0	58.5	42.0	-	383	391	372	177
38	69.5	54.0	79.5	57.5	41.0	-	373	380	362	171
37	69.0	53.0	79.0	56.5	39.5	-	363	370	342	166
36	68.5	52.5	78.5	56.0	38.5	-	353	360	332	162
35	68.0	51.5	78.0	55.0	37.0	-	343	351	322	157
34	67.5	50.5	77.0	54.0	36.0	-	334	342	313	153
33	67.0	50.0	76.5	53.0	35.0	-	325	334	305	148
32	66.5	49.0	76.0	52.0	33.5	-	317	326	297	144
31	66.0	48.5	75.5	51.5	32.5	-	309	318	290	140
30	65.5	47.5	75.0	50.5	31.5	92.0	301	311	283	136
29	65.0	47.0	74.5	49.5	30.0	91.0	293	304	276	132
28	64.5	46.0	74.0	48.5	29.0	90.0	285	297	270	129
27	64.0	45.5	73.5	47.5	28.0	89.0	278	290	265	126
26	63.5	44.5	72.5	47.0	26.5	88.0	271	284	260	123
25	63.0	44.0	72.0	46.0	25.5	87.0	264	278	255	120
24	62.5	43.0	71.5	45.0	24.0	86.0	257	272	250	117
23	62.0	42.5	71.0	44.0	23.0	84.5	251	266	245	115
22	61.5	41.5	70.5	43.0	22.0	83.5	246	261	240	112
21	61.0	41.0	70.0	42.5	20.0	82.5	241	256	235	110

20	60.5	40.0	69.5	41.5	19.5	81.0	236	251		230	108
----	------	------	------	------	------	------	-----	-----	--	-----	-----

硬度换算表：洛氏硬度标 -软钢，灰口、可锻铸铁和有色金属。

B	F	G	15T	30T	45T	E	H	K	A	Khn*, 500g &	Bhn, 500 kg (10m m ball)	Bhn 3000 kg & Dph, 10kg	Strengt h 103 psi (approx.)
100	-	82.5	93.0	82.0	72.0	-	-	-	61.5	251	201	240	116
99	-	81.0	92.5	81.5	71.0	-	-	-	61.0	246	195	234	112
98	-	79.0	-	81.0	70.0	-	-	-	60.0	241	189	228	109
97	-	77.5	92.0	80.5	69.0	-	-	-	59.5	236	184	222	106
96	-	76.0	-	80.0	68.0	-	-	-	59.0	231	179	216	103
95	-	74.0	91.5	79.0	67.0	-	-	-	58.0	226	175	210	101
94	-	72.5	-	78.5	66.0	-	-	-	57.5	221	171	205	98
93	-	71.0	91.0	78.0	65.5	-	-	-	57.0	216	167	200	96
92	-	69.0	90.5	77.5	64.5	-	-	100.0	56.5	211	163	195	93
91	-	67.5	-	77.0	63.5	-	-	99.5	56.0	206	160	190	91
90	-	66.0	90.0	76.0	62.5	-	-	98.5	55.5	201	157	185	89
89	-	64.0	89.5	75.5	61.5	-	-	98.0	55.0	196	154	180	87
88	-	62.5	-	75.0	60.5	-	-	97.0	54.0	192	151	176	85
87	-	61.0	89.0	74.5	59.5	-	-	96.5	53.5	188	148	172	83
86	-	59.0	88.5	74.0	58.5	-	-	95.5	53.0	184	145	169	81
85	-	57.5	-	73.5	58.0	-	-	94.5	52.5	180	142	165	80
84	-	56.0	88.0	73.0	57.0	-	-	94.0	52.0	176	140	162	78
83	-	54.0	87.5	72.0	56.0	-	-	93.0	51.0	173	137	159	77
82	-	52.5	-	71.5	55.0	-	-	92.0	50.5	170	135	156	75
81	-	51.0	87.0	71.0	54.0	-	-	91.0	50.0	167	133	153	74
80	-	49.0	86.5	70.0	53.0	-	-	90.5	49.5	164	130	150	72
79	-	47.5	-	69.5	52.0	-	-	89.5	49.0	161	128	147	-
78	-	46.0	86.0	69.0	51.0	-	-	88.5	48.5	158	126	144	-
77	-	44.0	85.5	68.0	50.0	-	-	88.0	48.0	155	124	141	-
76	-	42.5	-	67.5	49.0	-	-	87.0	47.0	152	122	139	-
75	99.5	41.0	85.0	67.0	48.5	-	-	86.0	46.5	150	120	137	-
74	99.0	39.0	-	66.0	47.5	-	-	85.0	46.0	147	118	135	-
73	98.5	37.5	84.5	65.5	46.5	-	-	84.5	45.5	145	116	132	-
72	98.0	36.0	84.0	65.0	45.5	-	-	83.5	45.0	143	114	130	-
71	97.5	34.5	-	64.0	44.5	100.0	-	82.5	44.5	141	112	127	-
70	97.0	32.5	83.5	63.5	43.5	99.5	-	81.5	44.0	139	110	125	-
69	96.0	31.0	83.0	62.5	42.5	99.0	-	81.0	43.5	137	109	123	-
68	95.5	29.5	-	62.0	41.5	98.0	-	80.0	43.0	135	107	121	-
67	95.0	28.0	82.5	61.5	40.5	97.5	-	89.0	42.5	133	106	119	-



66	94.5	26.5	82.0	60.5	39.5	97.0	-	78.0	42.0	131	104	117	-
65	94.0	25.0	-	60.0	38.5	96.0	-	77.5	-	129	102	116	-
64	93.5	23.5	81.5	59.5	37.5	95.5	-	76.5	41.5	127	101	114	-
63	93.0	22.0	81.0	58.5	36.5	95.0	-	75.5	41.0	125	99	112	-
62	92.0	20.5	-	58.0	35.5	94.5	-	74.5	40.5	124	98	110	-
61	91.5	19.0	80.5	57.0	34.5	93.5	-	74.0	40.0	122	96	108	-
60	91.0	17.5	-	56.5	33.5	93.0	-	73.0	39.5	120	95	107	-
59	90.5	16.0	80.0	56.0	32.0	92.5	-	72.0	39.0	118	94	106	-
58	90.0	14.5	79.5	55.0	31.0	92.0	-	71.0	38.5	117	92	104	-
57	89.5	13.0	-	54.5	30.0	91.0	-	70.5	38.0	115	91	103	-
56	89.0	11.5	79.0	54.0	29.0	90.5	-	69.5	-	114	90	101	-
55	88.0	10.0	78.5	53.0	28.0	90.0	-	68.5	37.5	112	89	100	-
54	87.5	8.5	-	52.5	27.0	89.5	-	68.0	37.0	111	87	-	-
53	87.0	7.0	78.0	51.5	26.0	89.0	-	67.0	36.5	110	86	-	-
52	86.5	5.5	77.5	51.0	25.0	88.0	-	66.0	36.0	109	85	-	-
51	86.0	4.0	-	50.5	24.0	87.5	-	65.0	35.5	108	84	-	-
50	85.5	2.5	77.0	49.5	23.0	87.0	-	64.5	35.0	107	83	-	-
49	85.0	-	76.5	49.0	22.0	86.5	-	63.5	-	106	82	-	-
48	84.5	-	-	48.5	20.5	85.5	-	62.5	34.5	105	81	-	-
47	84.0	-	76.0	47.5	19.5	85.0	-	61.5	34.0	104	80	-	-
46	83.0	-	75.5	47.0	18.5	84.5	-	61.0	33.5	103	-	-	-
45	82.5	-	-	46.0	17.5	84.0	-	60.0	33.0	102	79	-	-
44	82.0	-	75.0	45.5	16.5	83.5	-	59.0	32.5	101	78	-	-
43	81.5	-	74.5	45.0	15.5	82.5	-	58.0	32.0	100	77	-	-
42	81.0	-	-	44.0	14.5	82.0	-	57.5	31.5	99	76	-	-
41	80.5	-	74.0	43.5	13.5	81.5	-	56.5	31.0	98	75	-	-
40	79.5	-	73.5	43.0	12.5	81.0	-	55.5	-	97	-	-	-

39	79.0	-	-	42.0	11.0	80.0	-	54.5	30.5	96	74	-	-
38	78.5	-	73.0	41.5	10.0	79.5	-	54.0	30.0	95	73	-	-
37	78.0	-	72.5	40.5	9.0	79.0	-	53.0	29.5	94	72	-	-
36	77.5	-	-	40.0	8.0	78.5	100.0	52.0	29.0	93	-	-	-
35	77.0	-	72.0	39.5	7.0	78.0	99.5	51.5	28.5	92	71	-	-
34	76.5	-	71.5	38.5	6.0	77.0	99.0	50.5	28.0	91	70	-	-
33	75.5	-	-	38.0	5.0	76.5	-	49.5	-	90	69	-	-
32	75.0	-	71.0	37.5	4.0	76.0	98.5	48.5	27.5	89	-	-	-
31	74.5	-	-	36.5	3.0	75.5	98.0	48.0	27.0	88	68	-	-
30	74.0	-	70.5	36.0	2.0	75.0	-	47.0	26.5	-	67	-	-
29	73.5	-	70.0	35.5	1.0	74.0	97.5	46.0	26.0	-	-	-	-
28	73.0	-	-	34.5	-	73.5	97.0	45.0	25.5	-	66	-	-
27	72.5	-	69.5	34.0	-	73.0	96.5	44.5	25.0	85	-	-	-
26	72.0	-	69.0	33.0	-	72.5	-	43.5	24.5	-	65	-	-
25	71.0	-	-	32.5	-	72.0	96.0	42.5	-	-	64	-	-
24	70.5	-	68.5	32.0	-	71.0	95.5	41.5	24.0	-	-	-	-
23	70.0	-	68.0	31.0	-	70.5	-	41.0	23.5	82	63	-	-
22	69.5	-	-	30.5	-	70.0	95.0	40.0	23.0	-	-	-	-
21	69.0	-	67.5	29.5	-	69.5	94.5	39.0	22.5	-	62	-	-
20	68.5	-	-	29.0	-	68.5	-	38.0	22.0	-	-	-	-
19	68.0	-	67.0	28.5	-	68.0	94.0	37.5	21.5	79	61	-	-
18	67.0	-	66.5	27.5	-	67.5	93.5	36.5	-	-	-	-	-
17	66.5	-	-	27	-	67.0	93.0	35.5	21.0	-	60	-	-
16	66.0	-	66.0	26	-	66.5	-	35.0	20.5	-	-	-	-
15	65.5	-	65.5	25.5	-	65.5	92.5	34.0	20.0	76	59	-	-
14	65.0	-	-	25	-	65.0	92.0	33.0	-	-	-	-	-
13	64.5	-	65.0	24.0	-	64.5	-	32.0	-	-	58	-	-

12	64.0	-	64.5	23.5	-	64.0	91.5	31.5	-	-	-	-	-
11	63.5	-	-	23.0	-	63.5	91.0	30.5	-	73	-	-	-
10	63.0	-	64.0	22.0	-	62.5	90.5	29.5	-	-	57	-	-
9	62.0	-	-	21.5	-	62.0	-	29.0	-	-	-	-	-
8	61.5	-	63.5	20.0	-	61.5	90.0	28.0	-	71	-	-	-
7	61.0	-	63.0	20.0	-	61.0	89.5	27.0	-	-	56	-	-
6	60.5	-	-	19.5	-	60.5	-	26.0	-	-	-	-	-
5	60.0	-	62.5	18.5	-	60.0	89.0	25.5	-	69	55	-	-
4	59.5	-	62.0	18.0	-	59.0	88.5	24.5	-	-	-	-	-
3	59.0	-	-	17.0	-	58.5	88.0	23.5	-	-	-	-	-
2	58.0	-	61.5	16.5	-	58.0	-	23.0	-	68	54	-	-
1	57.5	-	61.0	16.0	-	57.5	87.5	22.0	-	-	-	-	-
0	57.0	-	-	15.0	-	57.0	87.0	21.0	-	67	53	-	-

## Chapter 7

其它数据：

淬火和回火时的加热的颜色

淬火时加热的颜色		
°F	°C	加热颜色

752	400	暗中可见-红
885	474	浅红
975	525	红-在日光中可见
1077	581	红-在太阳光下可见
1292	700	淡红
1472	800	樱红
1652	900	正樱红
1832	1000	明亮的樱桃红
2012	1100	橘红
2192	1200	橘黄
2372	1300	白
2552	1400	亮白
2732	1500	淡白
2912	1600	蓝白色

退火加热的颜色				
温度持续 1 小时时		氧化物的颜色	温度持续 8 分钟时	
°F	°C		°F	°C
370	188	Faint Yellow 微黄	460	238
390	199	Light Straw 淡黄草色	510	265
410	210	Dark Straw 黑黄	560	293
430	221	Brown 褐色	610	321
450	232	Purple 紫色	640	337
490	254	Dark Blue 深蓝	660	349
510	265	Light Blue 淡蓝	710	376

重量和熔点

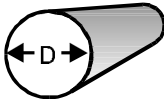
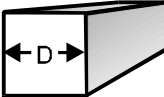
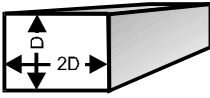
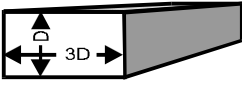


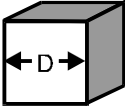
金属	重量/ Cu. in. lbs.	重量 / Cu. ft. lbs.	熔点 °F	特定的加热 60 熔点 BTU /lb. per °F BTU
铝		166.7	1215	0.248
铈		418.7	1166	0.054
铋		611.5	418	0.033
铜		536.6	1700-1850	0.104
青铜		522.2	1675	0.095
镉		536.6	610	0.058
红铜		550.4	1981	0.104
金		1205.6	1945	0.033
铁（铸造）	0.2600	449.2	2100-2300	0.150
铅	0.4105	709.5	621	0.032
镉	0.0628	108.6	1204	0.272
Nickel	0.3177	556	2646	0.134
白金	0.8184	1416.6	3191	0.032
银	0.3802	657.1	1761	0.063
焊接剂	0.3325	585.6	450	0.040
钢	0.2816	486.7	2500	0.165
锡	0.2632	454.8	449	0.069
锌	0.2581	446.1	787	0.107

## 淬火时间

测试对象为卡彭特钢铁公司的钢材，对钢材来说工件中心和表面工作同时达到炉温，最好的方法就是观察实际当中的加热状态，应观察一些方面：

1. 将热电偶放置在做大工作区域后面
2. 调整实际工作中的温度，包括边角为止。通过观察炉门来查看，而不是观察窥视孔。
3. 在工作完成后按照每英尺加热五分钟均匀加热，要结束时热电偶也需加热。

粗略计算加热时间的规则，1/8 寸的面积的热穿透率是 5 分钟，钢棒的热穿透率是每英寸 20 分钟。对于高速钢淬火温度，每英寸厚的热处理时间应该是 4~6 分钟，但不能长时间来处理。此表给出了近似率：

	Shapes	Speed Factor
	Long cylinder ( dia. = D )	1
	Long square ( D x D )	1
	Long rectangle ( D x 2D )	.7
	Long rectangle ( D x 3D )	.6
	Infinite plate ( very wide, thickness = D )	.5
	Sphere ( dia. = D )	1.5
	Cube ( D x D x D )	1.5

回火近似加热时间表

达到炉子温度所要求的时间（每英尺）

每英尺的直径或厚度，与炉子在最高温度保持稳定性

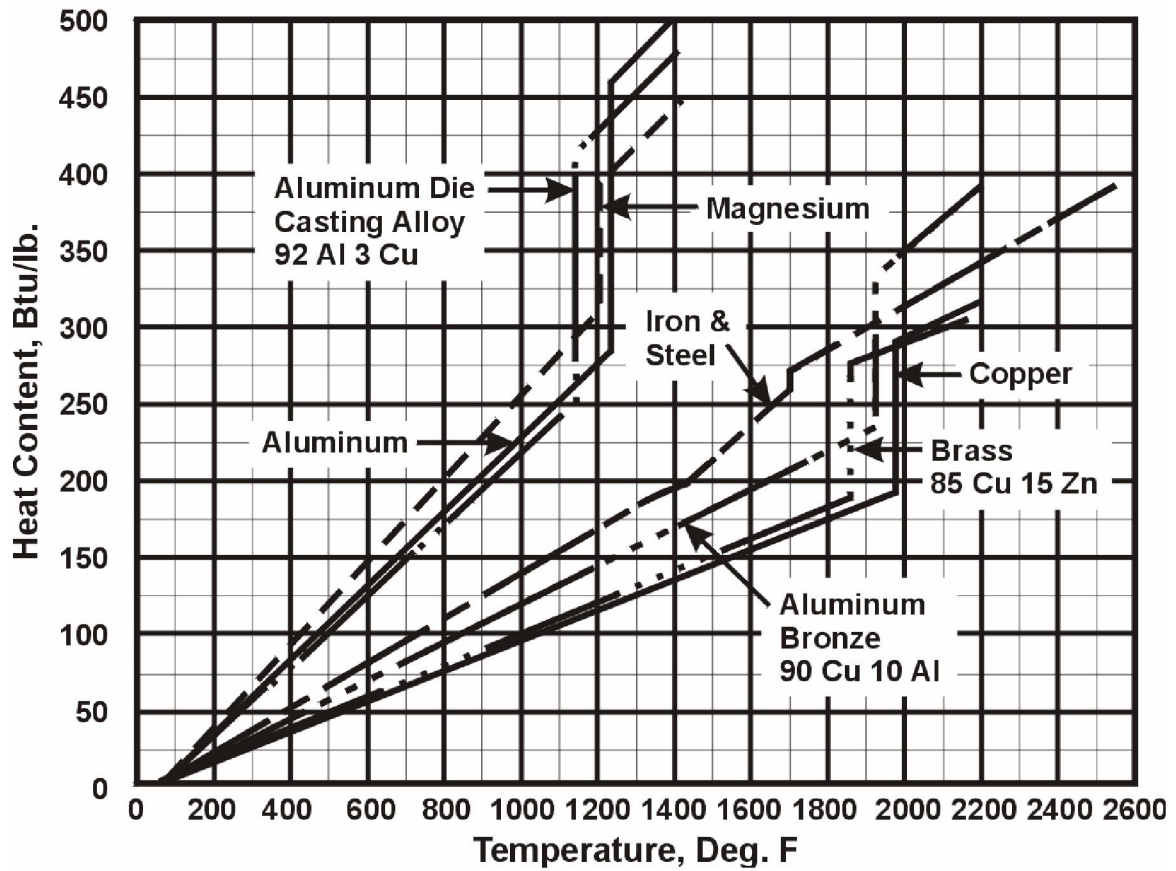
回火 温度	炉内无循环			炉内循环		
	立方	圆柱体	平面	立方	圆柱体	平面
120° C 250°F	30 min.	55 min.	80 min.	15 min.	20 min.	30 min.
148° C 300°	30	50	75	15	20	30
176° C 350°	30	50	70	15	20	30
204° C 400°	25	45	65	15	20	30
260° C 500°	25	40	60	15	20	30
315° C°	25	40	55	15	20	30
371° C 700°	20	35	50	15	20	30
426° C 800°	20	30	45	15	20	30
482° C 900°	20	30	40	15	20	30

- (1) 以上适用于一个暗色或者鳞状物表面。如果工具表面已经磨光，或以其他方式抛光，可以在热风箱里进行双倍时间加热。在循环加热里和油槽加热并没有特别要求。
- (2) 油槽加热只用于低温当中。

Source: Carpenter Service Bulletin Vol. 2, No. 9.



### Heat Content of Metals at Various Temperature



## 硬度的构成

硬化是用描述在奥氏体温度下淬火的硬化深度和硬度分布的术语。钢材淬火的表面硬度主要取决于碳含量和冷却速度。淬火的硬化性主要取决于钢材中的合金含量,奥氏体晶粒尺寸,时间和温度等因素。这些都可以在微观机构上产生很大的影响。

硬度是一个恒量构成。然而硬度会随着冷却率的不同而改变。因此,对于已构成的结构,在零件的任意位置的硬度不但取决于碳含量及硬化性,也取决于零件尺寸,淬火介质,还有各种淬火条件的搭配等。

很多因素会影响零件的硬化性,包括尺寸,形状,应力等。对于高应力零件,力量与韧性达到最好的结合方式是通过回火来达到一定的马氏体结构硬度。淬火中通常认为达到 80% 马氏体就足够了。碳钢的处理一般比较薄,一旦产品尺寸增加,合金钢的硬度需求也得需要相应的提高。

为了满足特殊零件的应力需求,对于碳钢或合金钢的淬透性必须有合适的选择。通常的做法是在满足需要的情况下选择最经济钢材。

在很多应用中是没有硬化必要的。例如,在耐磨和冲击的应用中,零件应力承受是主要集中在表面,低淬透性钢或者表面硬化的处理,会在以下讨论。

## 顶端淬火硬度性测试

### 最常用顶端硬化方式是由乔米尼和伯格霍尔德提出的

采用直径 1 英寸长为 4 英寸的圆棒标准化样品进行测试,先消除微观上的应力然后均匀地加热到奥氏体化温度标准。把样品从炉中取出放到夹具上,并立即用是温水喷射进行端淬。水接触端面而两侧不弄湿,淬火就是保持这样一直到产品完全冷却为止。

洛氏硬度 C 读数为从端淬面开始为第 16 寸区间,若硬度等级在 HRC20 以上或是离端淬面距离为 2 寸的位置那就会超过那个区域。

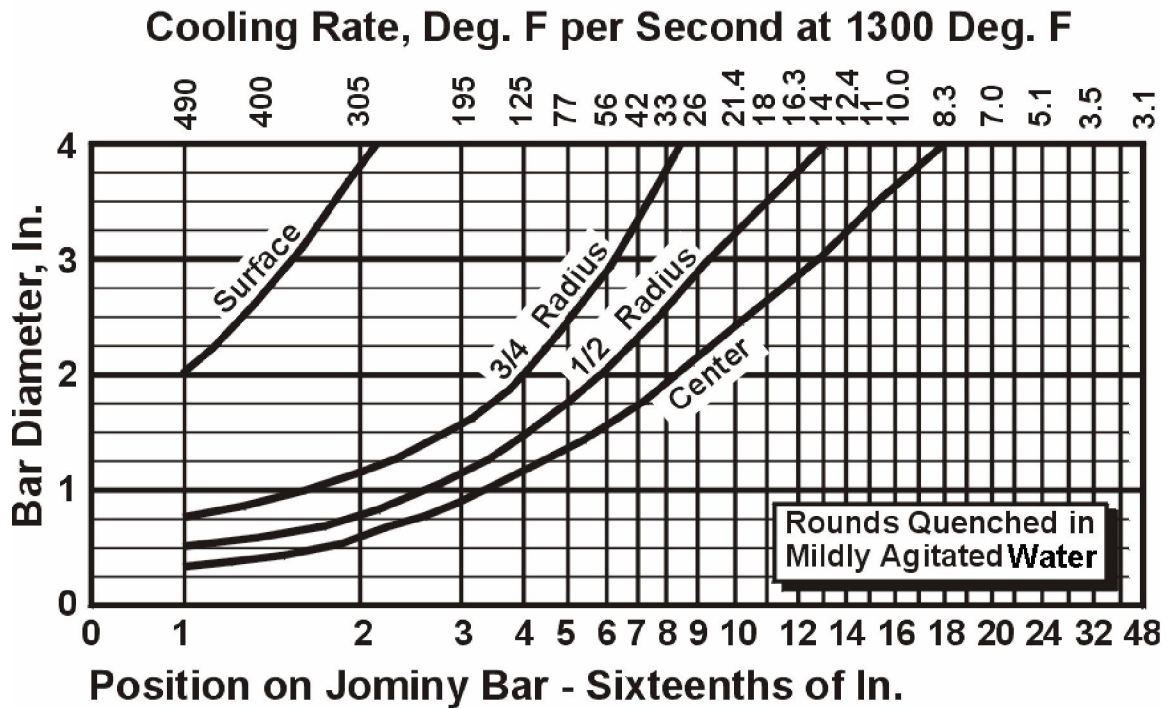
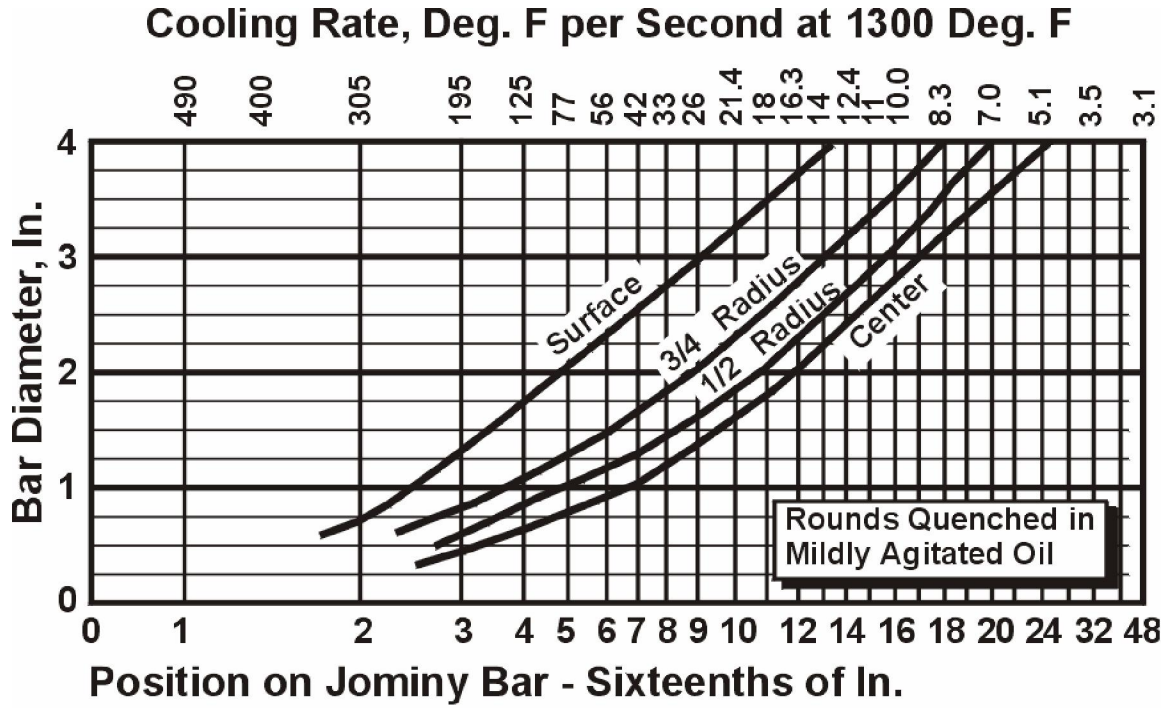
淬透性曲线通常用洛氏为坐标来绘制的,并且以端淬面的距离为横坐标。数据有多种标准等级并由 AISI 和 SAE 发布。这些图形表格适用于各个高低等级。钢材的规格由 H-等级规定。

(1) 对于这个测试完整的描述请参看 SAE 手册或者 ASTM D 设计 A255

ASTM: <http://www.astm.org/BOOKSRE/PUBS/1377.htm>

SAE Handbook: <http://www.sae.org/pubs/>

硬度成分：冷却速率图



(From 1959 SAE Handbook, pg. 55)

SAE Handbook: <http://www.sae.org/pubs/>

## 硬度成分：基于分析的端淬计算

测试样品为末端淬火，很明显，沿样品表面冷却速度随淬火端距离的增加而减小。实验已经证实，沿着圆棒的给定点冷却速度是与点和尺寸有关系的。

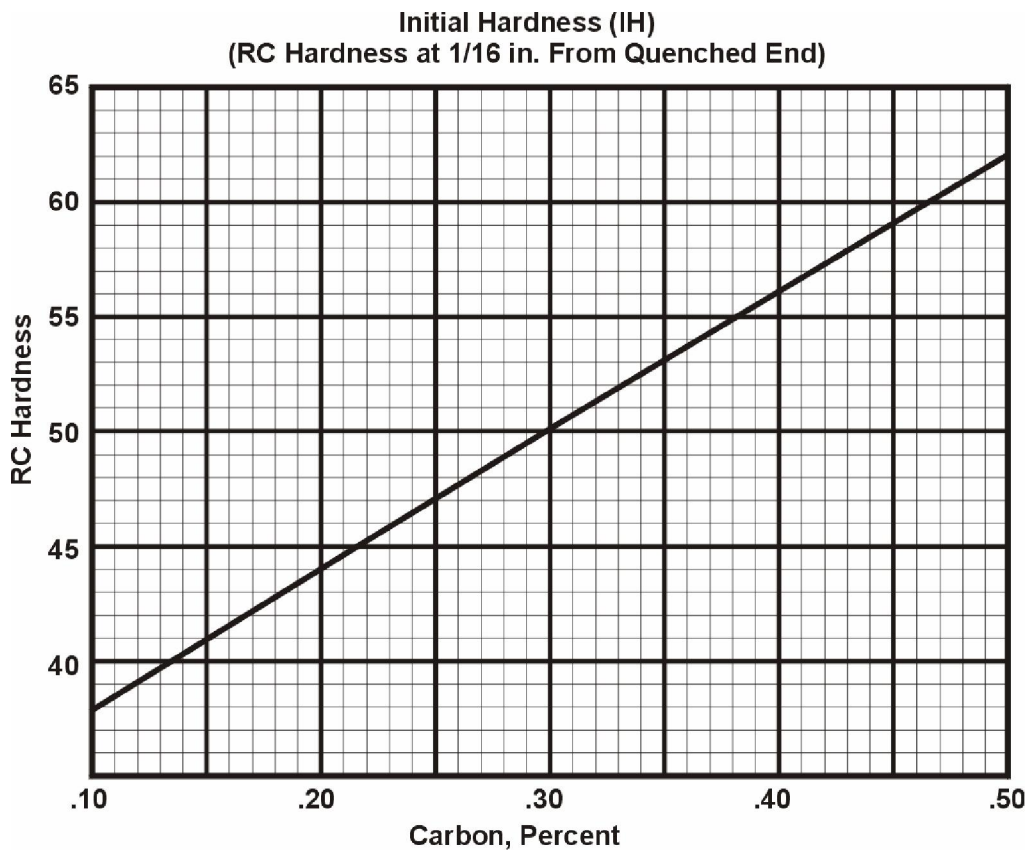
下面的图表显示圆棒从 $\frac{3}{4}$ 个半径， $\frac{1}{2}$ 个半径和中心位置为 4 寸的油淬和水淬的关系。SAE 和 AISI 也有类似的数据。这些值不是绝对的，但在实现某一指定位置的硬度并确定等级是非常有用的。

### 基于顶端淬火的计算分析

有时需要预测一个淬透性硬度曲线以分析可行性。

这里介绍的方法 1 可在任何已知的顶端淬火位置和晶粒尺寸来计算硬度。为了说明这种方法，淬火温度分析步骤如下

步骤 1:确定起始硬度。这是 1/16 英寸的端淬样品硬度和碳含量的图表。39%碳量的硬度值为 HRC55.5。



(1) Based on the work of M.A. Grossman, AIME, February 1942, and J. Field, Metal Progress, March 1943.

## 成分硬度：碳晶粒淬透系数

步骤 2：计算理想临界直径。这是理想淬火在中心位置硬化到 50%马氏体给出的最大的硬化直径。临界直径是表示产品多样性的一个因素。

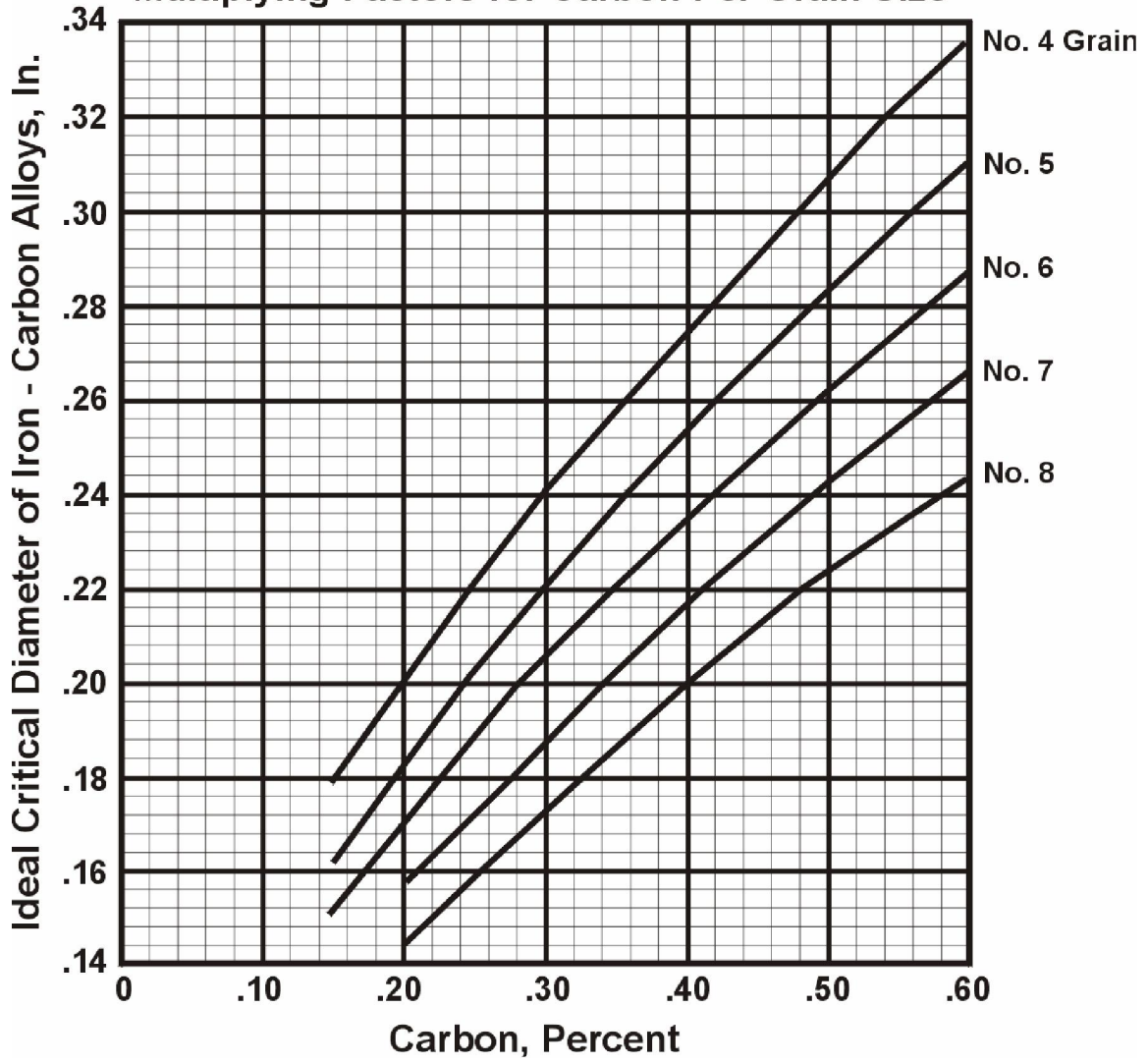
以下表格为 8 号晶粒尺寸的碳淬透系数

	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo
热分析 (%)	.39	.91	.25	.54	.56	.20
碳淬透系数	.195	4.03	1.18	1.20	2.21	1.60

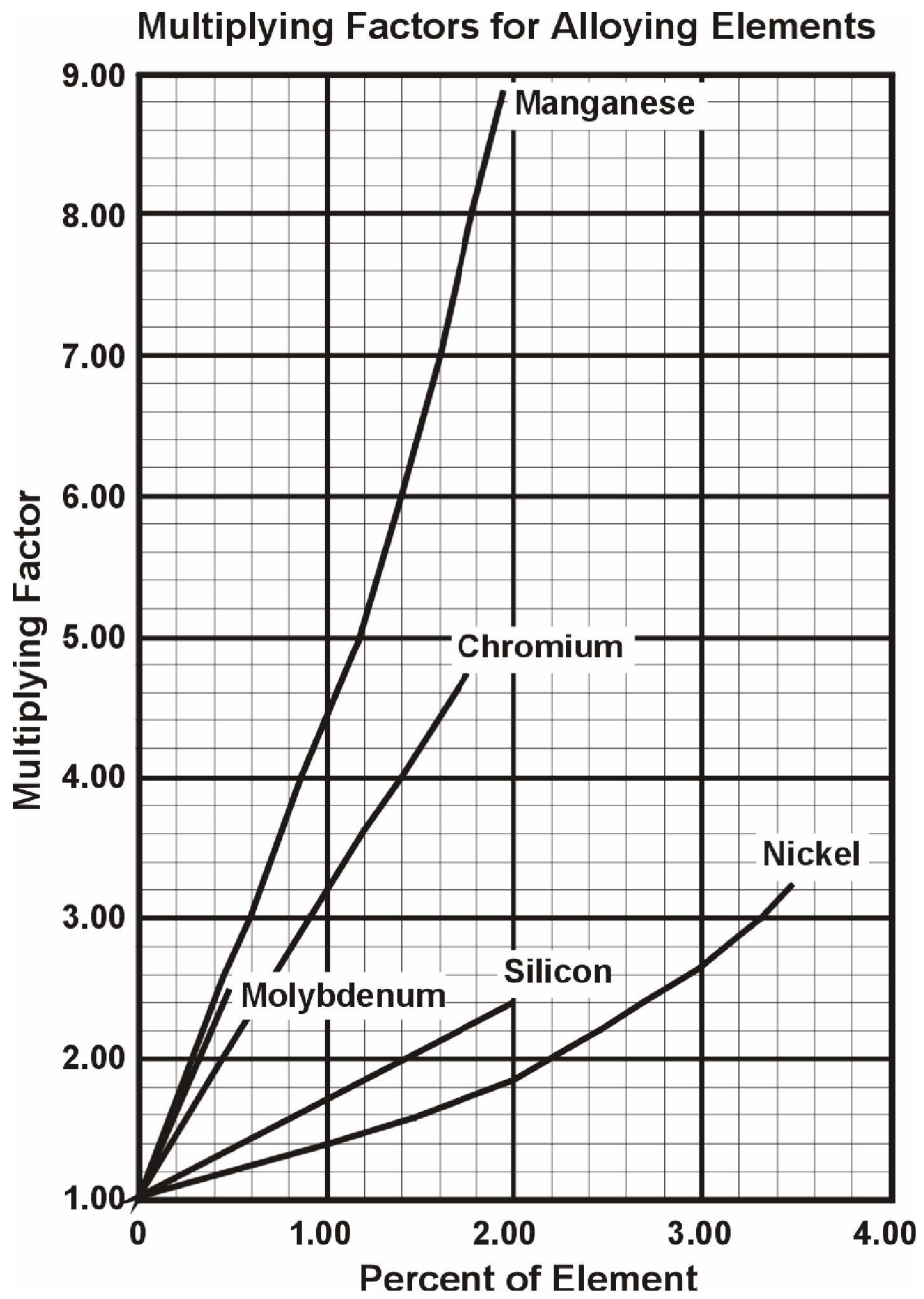
The product of these factors is 3.93 DI.

这些数据的产品是 3.93DI

### Multiplying Factors for Carbon Per Grain Size

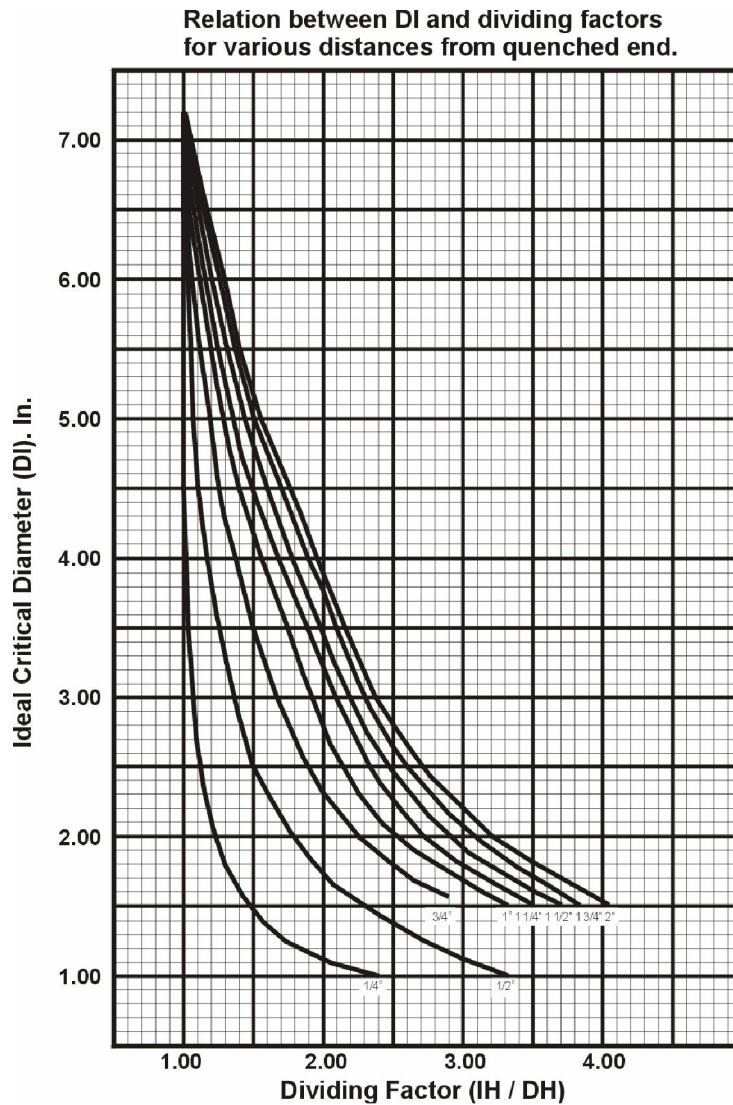


化合物硬度：合金元素的淬透系数



成分硬度：淬端临界直径和分度系数的关系

起始硬度 IH/DH 比率对应每个 3.93 的 DI 顶端淬火距离。IH/DH 比率建立在 7.0 的 DI 或更高的尺寸上，最终淬火曲线近似为一个 2 英寸的直线，小于 7.3 的 DI 会产生产生一个下降曲线。在硬度在曲线上的任何一点下降都可以很轻易地表示 IH 和 DH 的最大硬度比率。IH/DH 的比率见下图：





## 成分硬度

通过因数除以 IH 值 55.5 给每个距离计算洛氏硬度

距离	因数	计算的值
1/16	-	55.5
1/4	1.03	54
1/2	1.21	46
3/4	1.41	39.5
1	1.61	34.5
1 1/4	1.75	32
1 1/2	1.84	30
1 3/4	1.92	29
2	1.96	28.5

Source: Bethlehem Steel Co., "Modern Steel and Their Properties," Seventh Edition.

如果元素的影响是已知的，就可以在相同的条件下推断出钢的反应变化，除了化学反应，钢材的其它特性都随着熔化，轧制而进步。但是这种分析方法需要钢材结构成分大致相同。

### 可以被各种材料成分所用的数值:

碳...0.01%=30	铬... 0.01%=5
锰... 0.01%=8	钒... 0.01%=20
磷... 0.001%= 4	钼... 0.01%=16
硫... 0.001%=1	钨..... 0.01%= 4
硅....0.01%=5	铜.. 0.01%= 4
镍... ... 0.01%= 4	

这些包含在钢材里元素在加热处理过程中是有一定作用的。然而，在比较一种钢材与其他类型的钢材不是没有错误发生，因为这些合金元素会有不确定的变化。这取决于单个元素的影响或几种元素的综合影响。对于合金钢更是如此。

作为本快速方法的应用实例，在此分析范围内比较 AISI C1030 和 AISI C1132 的硬度系数。

<b><u>AISI C1030</u></b>	<b><u>AISIx1132</u></b>
Carbon.....30x30= 900 碳	Carbon.....30x30= 900 碳
Manganese....75x8= 600 锰	Manganese....150x8= 1200 锰
Phosphorus....23x4= 92 磷..	Phosphorus....23x4=92 磷..
Sulfur.....27x1=27 硫	Sulfur.....112x1=112 硫
Silicon.....20x5= <u>100</u> 硅	Silicon.....20x5= <u>100</u> 硅
 1719 硬度系数	 2404 硬度系数

可获得近似碳素钢的抗拉强度计算方法：

$$T.S. = C \times 650 + M \times 90 + M \times C \times 4 + P \times 1000 + 38800$$

Source: Bethlehem Steel Catalog 107

注意: 更多的理论描述可以在 ASM 手册中发现 ASM Handbook, Vol. 4.

<http://products.asminternational.org/hbk/index.jsp>

**注意事项**

由于适当的淬火热处理是最重要的步骤之一，以下是对其主要的概括。

水不是好的淬火介质，因为沉淀在工件表面的气泡会分解出大量气体，特别是在孔或凹槽的地方形成的软点，极可能造成工件开裂。

盐水淬火比清水要好，在水中溶解的盐可以防止大气中的气体溶解在水中，因此盐水可以固定和湿润工件，使淬火过程均匀。通常最好的盐水比率是 5% 至 10%。

5% 的氢氧化钠淬火是比较快、比较有效的方法之一，但是对衣服和手都有腐蚀性，对大多数设备来讲也没有必要使用。温度应该在 70°F 和 100°F 之间。

油淬具有较高的燃点，粘度低，成分稳定等特点，应在 60 ~ 80 (140°F 至 160°F) 之间使用。

在喷液淬火中，水和盐水都不易形成气泡而可以使用。

## 摄氏度与华氏度转换

### 温度换算

摄氏度与华氏度的对应表如下

-459.0 0		0 100						100 1000					
°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
-273	-459.4	-17.8	0	32	10.0	50	122.0	38	100	212	260	500	932
-268	-450	-17.2	1	33.8	10.6	51	123.8	43	110	230	266	510	950
-262	-440	-16.7	2	35.6	11.1	52	125.6	49	120	248	271	520	968
-257	-430	-16.1	3	37.4	11.7	53	127.4	54	130	266	277	530	986
-251	-420	-15.6	4	39.2	12.2	54	129.2	60	140	284	282	540	1004
-246	-410	-15.0	5	41.0	12.8	55	131.0	66	150	302	288	550	1022
-240	-400	-14.4	6	42.8	13.3	56	132.8	71	160	320	293	560	1040
-234	-390	-13.9	7	44.6	13.9	57	134.6	77	170	338	299	570	1058
-229	-380	-13.3	8	46.4	14.4	58	136.4	82	180	356	304	580	1076
-223	-370	-12.8	9	48.2	15.0	59	138.2	88	190	374	310	590	1094

-218	-360		-12.2	10	50.0	15.6	60	140.0	93	200	392	316	600	1112
-212	-350		-11.7	11	51.8	16.1	61	141.8	99	210	410	321	610	1130
-207	-340		-11.1	12	53.6	16.7	62	143.6	100	212	413.6	327	620	1148
-201	-330		-10.6	13	55.4	17.2	63	145.4	104	220	428	332	630	1166
-196	-320		-10.0	14	57.2	17.8	64	147.2	110	230	446	338	640	1184
-190	-310		-9.4	15	59.0	18.3	65	149.0	116	240	464	343	650	1202
-184	-300		-8.9	16	60.8	18.9	66	150.8	121	250	482	349	660	1220
-179	-290		-8.3	17	62.6	19.4	67	152.6	127	260	500	354	670	1238
-173	-280		-7.8	18	64.4	20.0	68	154.4	132	270	518	360	680	1256
-169	-273	-459.4	-7.2	19	66.2	20.6	69	156.2	138	280	536	366	690	1274
-168	-270	-454	-6.7	20	68.0	21.1	70	158.0	143	290	554	371	700	1292
-162	-260	-436	-6.1	21	69.8	21.7	71	159.8	149	300	572	377	710	1310
-157	-250	-418	-5.6	22	71.6	22.2	72	161.6	154	310	590	382	720	1328
-151	-240	-400	-5.0	23	73.4	22.8	73	163.4	160	320	608	388	730	1346
-146	-230	-382	-4.4	24	75.2	23.3	74	165.2	166	330	626	393	740	1364
-140	-220	-364	-3.9	25	77.0	23.9	75	167.0	171	340	644	399	750	1382
-134	-210	-346	-3.3	26	78.8	24.4	76	168.8	177	350	662	404	760	1400
-129	-200	-328	-2.8	27	80.6	25.0	77	170.6	182	360	680	410	770	1418
-123	-190	-310	-2.2	28	82.4	25.6	78	172.4	188	370	698	416	780	1436
-118	-180	-292	-1.7	29	84.2	26.1	79	174.2	193	380	716	421	790	1454
-112	-170	-274	-1.1	30	86.0	26.7	80	176.0	199	390	734	427	800	1472
-107	-160	-256	-0.6	31	87.8	27.2	81	177.8	204	400	752	432	810	1490
-101	-150	-238	0	32	89.6	27.8	82	179.6	210	410	770	438	820	1508
-96	-140	-220	0.6	33	91.4	28.3	83	181.4	216	420	788	443	830	1526
-90	-130	-202	1.1	34	93.2	28.9	84	183.2	221	430	806	449	840	1544
-84	-120	-184	1.7	35	95.0	29.4	85	185.0	227	440	824	454	850	1562
-79	-110	-166	2.2	36	96.8	30.0	86	186.4	232	450	842	460	860	1580
-73	-100	-148	2.8	37	98.6	30.6	87	188.6	238	460	860	466	870	1598
-68	-90	-130	3.3	38	100.4	31.1	88	190.4	243	470	878	471	880	1616
-62	-80	-112	3.9	39	102.2	31.7	89	192.2	249	480	896	477	890	1634
-57	-70	-94	4.4	40	104.0	32.2	90	194.0	254	490	914	482	900	1652
-51	-60	-76	5.0	41	105.8	32.8	91	195.8				488	910	1670
-46	-50	-58	5.6	42	107.6	32.3	92	197.6				493	920	1688
-40	-40	-40	6.1	43	109.4	33.9	93	199.4				499	930	1706
-34	-30	-22	6.7	44	111.2	34.4	94	201.2				504	940	1724
-29	-20	-4	7.2	45	113.0	35.0	95	203.0				510	950	1742
-23	-10	14	7.8	46	114.8	35.6	96	204.8				516	960	1760
-17.8	0	32	8.3	47	116.6	36.1	97	206.6				521	970	1778
			8.9	48	118.4	36.7	98	208.4				527	980	1796
			9.4	49	120.2	37.2	99	210.2				532	990	1814
						37.8	100	212.0				538	1000	1832

		1000 2000				2000 3000					
°C		°F	°C		°F	°C		°F	°C		°F
538	1000	1832	816	1500	2732	1093	2000	3632	1371	2500	4532
543	1010	1850	821	1510	2750	1099	2010	3650	1377	2510	4550
549	1020	1868	827	1520	2768	1104	2020	3668	1382	2520	4568
554	1030	1886	832	1530	2786	1110	2030	3686	1388	2530	4586

560	1040	1904	838	1540	2804	1116	2040	3704	1393	2540	4604
566	1050	1922	843	1550	2822	1121	2050	3722	1399	2550	4622
571	1060	1940	849	1560	2840	1127	2060	3740	1404	2560	4640
577	1070	1958	854	1570	2858	1132	2070	3758	1410	2570	4658
582	1080	1976	860	1580	2876	1138	2080	3776	1416	2580	4676
588	1090	1994	866	1590	2894	1143	2090	3794	1421	2590	4694
593	1100	2012	871	1600	2912	1149	2100	3812	1427	2600	4712
599	1110	2030	877	1610	2930	1154	2110	3830	1432	2610	4730
604	1120	2048	882	1620	2948	1160	2120	3848	1438	2620	4748
640	1130	2066	888	1630	2966	1166	2130	3866	1443	2630	4766
616	1140	2084	893	1640	2984	1171	2140	3884	1449	2640	4784
621	1150	2102	899	1650	3002	1177	2150	3902	1454	2650	4802
627	1160	2120	904	1660	3020	1182	2160	3920	1460	2660	4820
632	1170	2138	910	1670	3038	1188	2170	3938	1466	2670	4838
638	1180	2156	916	1680	3056	1193	2180	3958	1471	2680	4856
643	1190	2174	921	1690	3074	1199	2190	3974	1477	2690	4874
649	1200	2192	927	1700	3092	1204	2200	3992	1482	2700	4892
654	1210	2210	932	1710	3110	1210	2210	4010	1488	2710	4910
660	1220	2228	938	1720	3128	1216	2220	4028	1493	2720	4928
666	1230	2246	943	1730	3146	1221	2230	4046	1499	2730	4946
671	1240	2264	949	1740	3164	1227	2240	4064	1504	2740	4964
677	1250	2282	954	1750	3182	1232	2250	4082	1510	2750	4982
682	1260	2300	960	1760	3200	1238	2260	4100	1516	2760	5000
688	1270	2318	966	1770	3218	1243	2270	4118	1521	2770	5018
693	1280	2336	971	1780	3236	1249	2280	4136	1527	2780	5036
699	1290	2354	977	1790	3254	1254	2290	4154	1532	2790	5054
704	1300	2372	982	1800	3272	1260	2300	4172	1538	2800	5072
710	1310	2390	988	1810	3290	1266	2310	4190	1543	2810	5090
716	1320	2408	993	1820	3308	1271	2320	4208	1549	2820	5108
721	1330	2426	999	1830	3326	1277	2330	4226	1554	2830	5126
727	1340	2444	1004	1840	3344	1282	2340	4244	1560	2840	5144
732	1350	2462	1010	1850	3362	1288	2350	4262	1566	2850	5162
738	1360	2480	1016	1860	3380	1293	2360	4280	1571	2860	5180
743	1370	2498	1021	1870	3398	1299	2370	4298	1577	2870	5198
749	1380	2516	1027	1880	3416	1304	2380	4316	1582	2880	5216
754	1390	2534	1032	1890	3434	1310	2390	4334	1588	2890	5234
760	1400	2552	1038	1900	3452	1316	2400	4352	1593	2900	5252
766	1410	2570	1043	1910	3470	1321	2410	4370	1599	2910	5270
771	1420	2588	1049	1920	488	1327	2420	4388	1604	2920	5288
777	1430	2606	1054	1930	3506	1332	2430	4406	1610	2930	5306
782	1440	2624	1060	1940	3524	1338	2440	4424	1616	2940	5324
788	1450	2642	1066	1950	3542	1343	2450	4442	1621	2950	5342
793	1460	2660	1071	1960	3560	1349	2460	4460	1627	2960	5360
799	1470	2678	1077	1970	3578	1354	2470	4478	1632	2970	5378
804	1480	2696	1082	1980	3596	1360	2480	4496	1638	2980	5396
810	1490	2714	1088	1990	3614	1366	2490	4514	1643	2990	5414
			1093	2000	3632				1649	3000	5432

1 in. 水	=	.07355 in. 水银 .036 lbs./sq. in. 576 oz./sq. in.
1 in. 水银	=	13.596 in.水 1.133 ft. 水 .489 lbs./sq. in. 7.855 oz./sq. in.
1 lb. 大气压	=	27.78 in.水 2.43 in.水银
1 oz. 大气压	=	1.736 in.水 127 in. 水银
1 ft. 水	=	883 in. 水银 .432 lbs./sq. in.

**重量换算长度换算**

1英寸 = 2.540厘米

1厘米 = 0.3937英寸

1立方英寸 = 16.387立方厘米

1立方厘米 = 0.06102立方英尺

1克 = 0.0022磅重

1英尺 = 30.480厘米

1加仑 = 231立方英尺

热损耗 / 热绝缘计算表

Figure 1

Heat loss / insulation thickness calculator

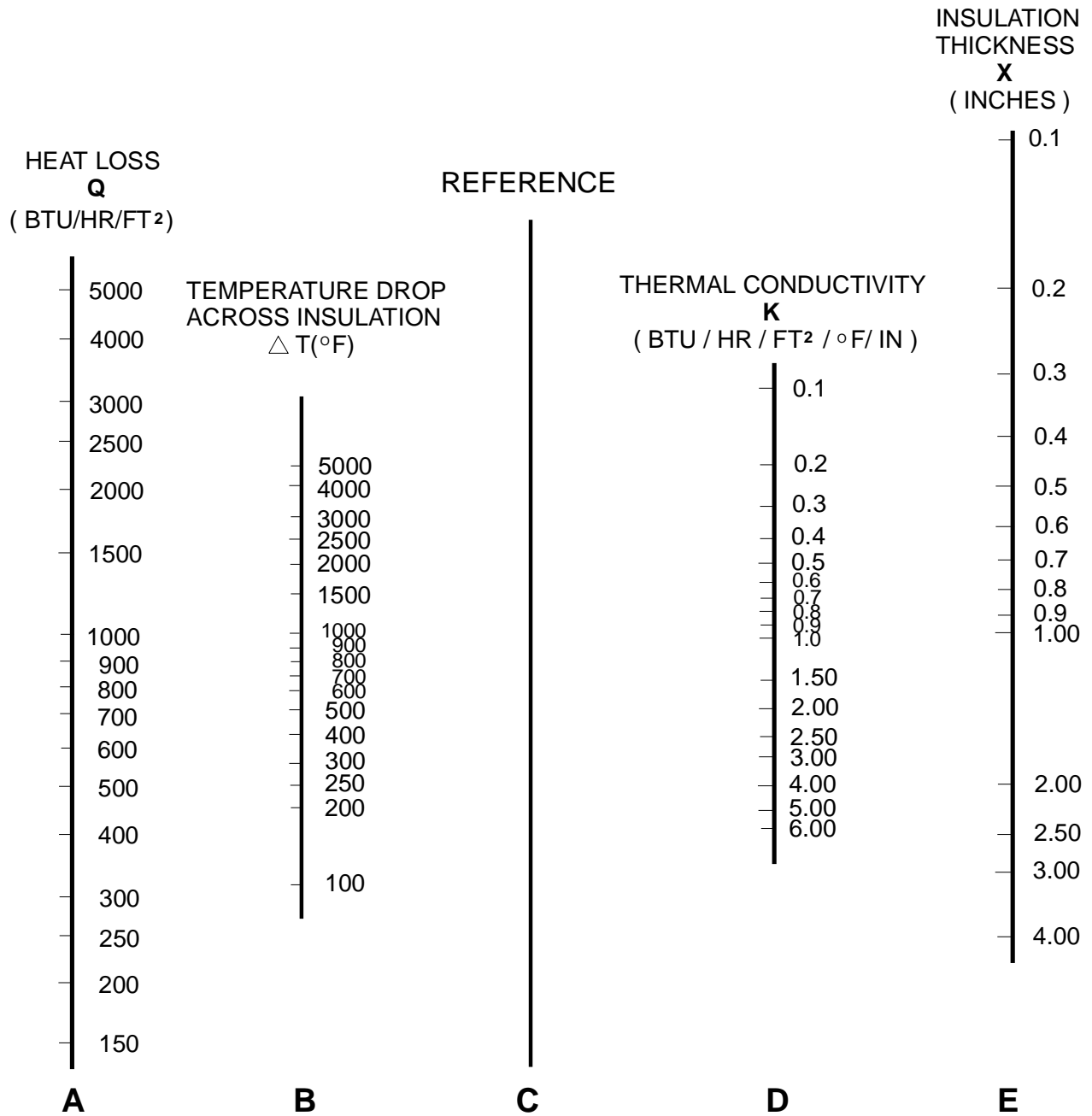
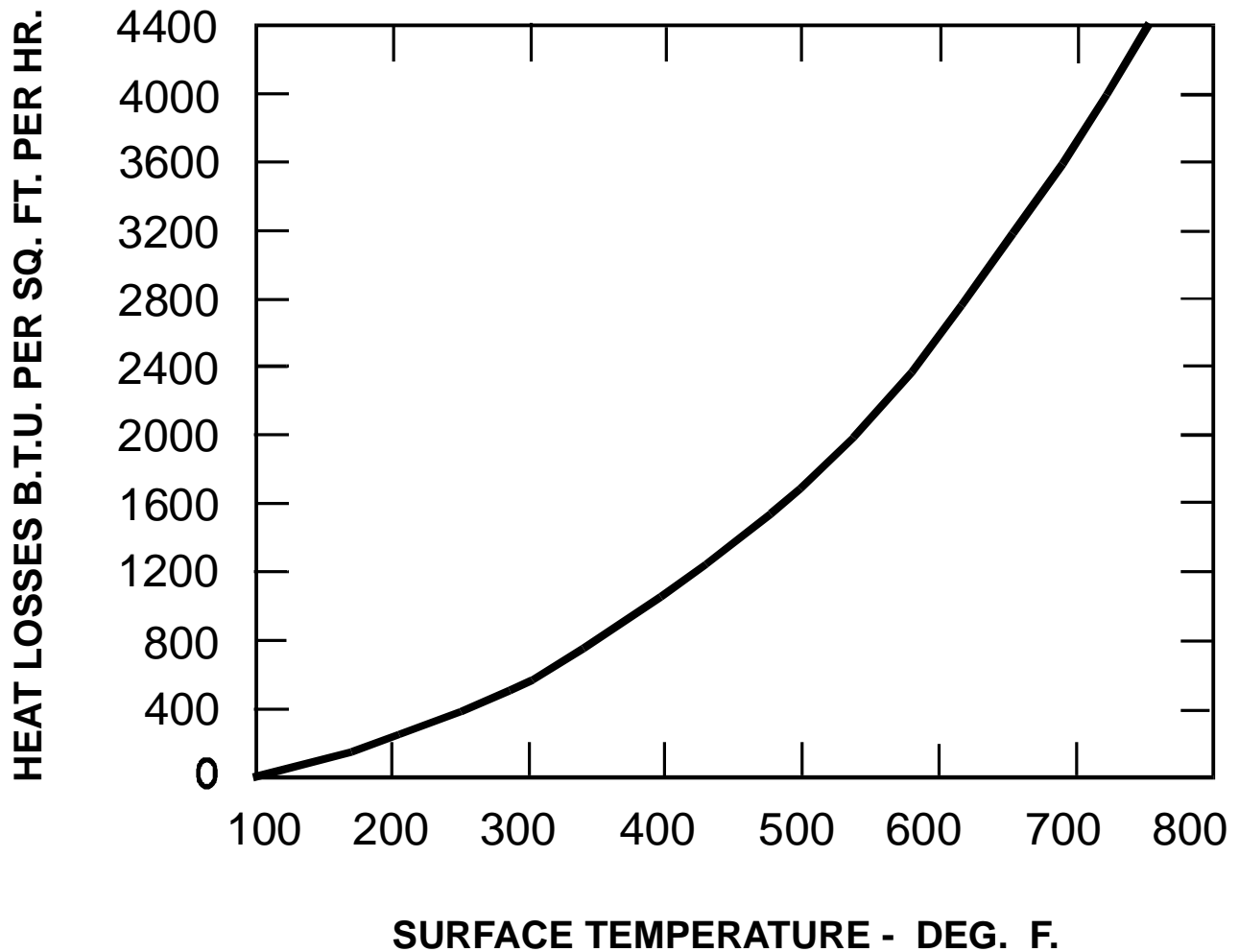


Figure 2



- (1) 选择一个想要的外墙温度和从图一估计热量的流失
- (1a) 判断：来自热流中的热流失或热输入
- (2) 判断：来自内墙与外墙温度之间的温度下降
- (3) 得到：从数据表中在平均温度下的热能传导性
- (4) 连接：在线 A 的热流失  $Q$  与在线 B 的温度差 ( $\Delta T$ ) 和扩展参考线 C 和标注交点
- (5) 连接：线 C 与在线 D 的热能传导性  $K$  的交点，及阅读在 E 线上所要求的隔热厚度
- (6) 相同的步骤将可以有对热流失  $Q$ 、温度差  $\Delta T$ ，热能传导性  $K$  的判断性—— 知道变量的任何三个

燃烧公式



确定燃烧的简化方法是确定一定量的燃油所需要的燃料。

$$\text{CFH 空气} = \frac{\text{Btu/Hr. 输入}}{\dots}$$

用来校准从一个条件到另一个条件下的气体体积

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$T_1 \quad T_2 \quad P = \text{绝对大气压}$$

$$= 14.7 + \text{标准 psi.}$$

$$T = \text{绝对温度在 } ^\circ\text{R} = ^\circ\text{F} + 460$$

$$V = \text{任何一致的条件下的体积}$$

一般来使用确定标准方法是立方英尺的压力，例如在 5 磅/平方英寸通过的气体体积量。

### 固定区域燃烧器的调节比

$$\text{T.D.} = \frac{\text{在燃烧器中最大气压减少量}}{\text{在燃烧器中最小大气压减少量}}$$

### 在指定压降中的低产能和流通能力的关系

$C_v$  = 流通能力，是指单位时间（每分钟）内、在测试条件中管道保持恒定的压力，管道介质流经阀门的体积流量，或是质量流量。即阀门的最大流通能力。

气体流量公式

$$Q = 1360 \frac{C_v \sqrt{(P_1 - P_2) P_2}}{GT}$$

$$Q = \text{SCFH @ 14.7 psia. and } 60^\circ\text{F.}$$

$$P_1 = \text{进口气压, PSIA.}$$

$$P_2 = \text{出口气压, PSIA.}$$

$$T = \text{流量温度, } ^\circ\text{R.}$$

$$G = \text{大气特定的重心}$$

### 英制单位缩写

C	摄氏度	( degree centigrade )
cal	卡路里	( calorie )
cm	厘米	( centimeter )
g	克	( gram )
j,J	焦耳	( joule )
kcal, Kcal	千克-卡路里	( kilogram-calorie )
Kg	千克	( kilogram )
l	公升	( liter )
m	米	(meter)
mm	毫米	(millimeter)

### 英制间的互相转换

面积:	$1 \text{ sq. m} = 10,000 \text{ sq. cm} = 1,000,000 \text{ sq. mm}$
热量:	$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal} = 4184 \text{ joules}$
长度:	$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}$
气压:	$1 \text{ kg/sq. cm} = 10,000 \text{ kg/sq. m} = 1000 \text{ cm H}^2\text{O} = 735.6 \text{ mm Hg} = 0.982 \text{ bars}$
体积:	$1 \text{ cu m} = 1,000,000 \text{ cu cm} = 999.97 \text{ l}$
重量:	$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$

## 面积

### 公制 英制

$$1 \text{ sq. mm} = 0.00155 \text{ sq. in} = 0.00001076 \text{ sq. ft}$$

$$1 \text{ sq. cm} = 0.15 \text{ sq. in} = 0.001076 \text{ sq. ft}$$

$$1 \text{ sq. m} = 1550 \text{ sq. in} = 10.76 \text{ sq. ft}$$

### 英制 公制

$$1 \text{ sq. in} = 645.16 \text{ sq. mm} = 6.452 \text{ sq. cm} = 0.0006452 \text{ sq. m}$$

$$1 \text{ sq. ft} = 92,903 \text{ sq. mm} = 929.03 \text{ sq. cm} = 0.0929 \text{ sq. m}$$

## 密度

### 公制 英制

$$1 \text{ g/cu cm} = 0.036 \text{ lb./cu in} = 62.43 \text{ lb./cu ft}$$

### 英制 公制

$$1 \text{ lb./cu in} = 27.68 \text{ g/cu cm}$$

$$1 \text{ lb./cu ft} = 0.016 \text{ g/cu m}$$

## 热量

### 公制 英制

$$1 \text{ cal} = 0.003967 \text{ Btu}$$

$$1 \text{ kcal} = 3.967 \text{ Btu}$$

$$1 \text{ joule} = 0.000948 \text{ Btu}$$

### 英制 公制

$$1 \text{ Btu} = 251.996 \text{ cal} = 0.252 \text{ kcal} = 1054.35 \text{ joules}$$

## 热含量

### 公制 英制

$$1 \text{ cal/g} = 1.8 \text{ Btu/lb.}$$

$$1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = 1 \text{ Btu/lb.} \cdot ^\circ\text{F}$$

$$1 \text{ cal/cu cm} = 112.37 \text{ Btu/cu ft}$$

$$1 \text{ kcal/cu m} = 0.112 \text{ Btu/cu ft}$$

### 英制 公制

$$1 \text{ Btu/lb.} = 0.0556 \text{ cal/g}$$

$$1 \text{ Btu/lb.} \cdot ^\circ\text{F} = 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$1 \text{ Btu/cu ft} = 0.8898 \text{ cal/cu m} = 8.898 \text{ kcal/cu m}$$

## 热流密度

### 公制 英制

$$1 \text{ cal/hr-sq. cm} = 3.687 \text{ Btu/hr-sq. ft}$$

$$1 \text{ cal/hr-sq. cm} = 1.082 \text{ watts/sq. ft}$$

### 英制 公制

$$1 \text{ Btu/hr-sq. ft} = 0.271 \text{ cal hr-sq. cm}$$

$$1 \text{ kw/sq. ft} = 925 \text{ cal/hr-sq. cm}$$

## 长度

### 公制 英制

$$1 \text{ mm} = 0.03937 \text{ in} = 0.003281 \text{ ft}$$

$$1 \text{ cm} = 0.3937 \text{ in} = 0.03281 \text{ ft}$$

$$1 \text{ m} = 39.37 \text{ in} = 3.281 \text{ ft}$$

### 英制 公制

$$1 \text{ in} = 25.4 \text{ mm} = 2.54 \text{ cm} = 0.0254 \text{ m}$$

$$1 \text{ ft} = 304.8 \text{ mm} = 30.48 \text{ cm} = 0.3048 \text{ m}$$

## 压力

### 公制 英制

$$1 \text{ kg/sq. cm} = 14.21 \text{ lb./sq. in} = 29.0 \text{ in Hg} = 393.72 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$1 \text{ g/sq. cm} = 0.01421 \text{ lb./sq. in} = 0.2274 \text{ oz/sq. in} = 0.3936 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$1 \text{ mm Hg} = 1 \text{ rr} = 0.01933 \text{ lb./sq. in}$$

### 英制 公制

$$1 \text{ lb./sq. in} = 0.0703 \text{ kg/sq. cm} = 70.306 \text{ g/sq. cm} = 703 \text{ mm H}_2\text{O}$$

$$1 \text{ oz/sq. in} = 0.00439 \text{ kg/sq. cm} = 4.39 \text{ g/sq. cm} = 44 \text{ mm H}_2\text{O}$$

$$1 \text{ in H}_2\text{O} = 0.00254 \text{ kg/sq. cm} = 2.54 \text{ g/sq. cm}$$

$$1 \text{ in Hg} = 0.491 \text{ lb./sq. in} = 25.4 \text{ rrs}$$

## 导热系数

### 公制 英制

$$1 \text{ cal cm/hr-sq. cm} - ^\circ\text{C} = .0672 \text{ Btu ft/hr-sq. ft} - ^\circ\text{F} \\ = 0.807 \text{ Btu-in/hr-sq. ft} - ^\circ\text{F}$$

### 英制 公制

$$1 \text{ Btu ft/hr-sq. ft} - ^\circ\text{F} = 14.88 \text{ cal cm/hr sq. cm} - ^\circ\text{C} \\ 1 \text{ Btu in/hr-sq. ft} - ^\circ\text{F} = 1.24 \text{ cal cm/hr-sq. cm} - ^\circ\text{C}$$

## 速度

### 公制 英制

$$1 \text{ cm/sec} = 0.393 \text{ in/sec} \\ = 0.03281 \text{ ft/sec} \\ = 1.9686 \text{ ft/min} \\ 1 \text{ m/sec} = 39.37 \text{ in/sec} \\ = 3.281 \text{ ft/sec} \\ = 196.86 \text{ ft/min}$$

### 英制 公制

$$1 \text{ in/sec} = 2.54 \text{ cm/sec} = 0.0254 \text{ m/sec} \\ 1 \text{ ft/sec} = 30.48 \text{ cm/sec} = 0.3048 \text{ m/sec} \\ 1 \text{ ft/min} = 0.508 \text{ cm/sec} = 0.00508 \text{ m/sec}$$

## 体积

### 公制 英制

$$1 \text{ cu cm} = 0.0610 \text{ cu in} = 0.034 \text{ U.S. fluid oz} \\ 1 \text{ cu m} = 61,020 \text{ cu in} = 35.31 \text{ cu ft} = 264.17 \text{ U.S. gal} \\ 1 \text{ l} = 61.025 \text{ cu in} = 0.0353 \text{ cu ft} = 0.264 \text{ U.S. gal}$$

### 英制 公制

$$1 \text{ cu in} = 16.387 \text{ cu cm} = 0.00001639 \text{ cu m} = 0.0164 \text{ l} \\ 1 \text{ cu ft} = 28,316.8 \text{ cu cm} = 0.0283 \text{ cu m} = 28.316 \text{ l} \\ 1 \text{ U.S. gal} = 3785.4 \text{ cu cm} = 0.003785 \text{ cu m} = 3785 \text{ l}$$

## 重量

### 公制 英制

$$1 \text{ g} = 0.035 \text{ oz avdp} \\ 1 \text{ kg} = 35.27 \text{ oz avdp} = 2.204 \text{ lb. avdp}$$

### 英制 公制

$$1 \text{ oz avdp} = 28.35 \text{ g} = 0.02835 \text{ kg} \\ 1 \text{ lb. avdp} = 453.59 \text{ g} = 0.4536 \text{ kg}$$

## 温度

$$\begin{aligned}
^{\circ}\text{C} &= 5/9 (^{\circ}\text{F}-32) \\
^{\circ}\text{F} &= (9/5 ^{\circ}\text{C}) + 32 \\
^{\circ}\text{K} &= ^{\circ}\text{C} + 273.15 \\
^{\circ}\text{R} &= ^{\circ}\text{F} + 459.67
\end{aligned}$$

### 面积

乘法	系数	结果
平方英寸	6.4516	平方厘米
	0.0645	平方分米
	1,273,240	圆密耳 (0.001 英尺)
平方分米	0.1550	平方英寸
	0.0010764	平方英尺
平方分米	15.500	平方英尺
圆密耳	0.0000007854	平方英尺
平方英寸	0.0929	平方米

### 质量

乘法	系数	结果
盎司 (Av)	28.3495	克
克	0.03527	盎司 (Av)
	0.002205	磅 (Av)
磅	0.453592	千克
千克	2.20462	磅 (Av)

### 密度

乘法	系数	结果
磅/立方英寸	27.680	克/立方分米
克/立方分米	0.03613	磅/立方英尺

### 长度

乘法	系数	结果
英尺	2.540	分米
分米	0.3937	英尺
英寸	30.48	分米
分米	0.0328	英寸
码	0.9144	米
米	1.0936	码
英里	1.6094	千米
千米	0.6214	英里

### 比热

乘法	系数	结果
Btu/ 磅/°F	1.000	卡路里/克/ °C
	4.186	焦耳/克/ °C
卡路里/ 克/ °C	1.000	Btu /磅 /°F
	4.186	焦耳/克 / °C
焦耳/ 克 / °C	0.2389	卡路里/克/ °C
	0.2389	Btu /磅 / °F
Btu/ 磅 / °F	4186.82	焦耳 / 千克 / °K
焦耳/ 千克 / °K	0.0002388	Btu / 磅 / °F

### 其它

乘法	系数	结果
水的加仑 (62°F)	8.337	水的磅
水的立方英寸 (62°F)	62.369	水的磅
水的英尺 (39.1°F)	0.036127	磅/立方英尺
水的英寸 (39.1°F)	0.43352	磅/平方英尺

## 参考文献

- ASM Handbook, Vol. 1, Properties and Selection: Irons, Steels, and High-Performance Alloys, (1990), ASM International, Materials Park, OH 44073-0002, p148 (table 11), p149 (table 12), p 150 (table 13), p 151 (tables 15-18), p 141 (tables 1-2), p 152-153 (table 19), p 227 (table 3), p 843 (table 2)
- ASM Handbook, Vol. 4, Heat Treating, (1991), ASM International, Materials Park, OH 44073-0002, p 716-717 (table 3), p 331 (table 4), p 335 (table 5), p 345 (table 7)
- The Aluminum Association, Aluminum Standards & Data 1974-75
- Metals Engineering Institute, "Heat Treatment of Steel", 1957
- Metal Progress (August 1943), Databook (Mid-June 1975), Datasheet (1954)
- Armour Ammonia Division, Armour & Co.
- The United States Steel Corporation
- Carpenter Service Bulletin (Vol. 2, No.9)
- Bethlehem Steel Co. "Modern Steels and Their Properties" (Seventh Edition), (Catalog 107)
- Bethlehem Alloy Steels
- SAE 1959 Handbook, p 55
- "Metals Handbook", (Vol. 2) American Society for Metals, (1964)
- M.A. Grossman, AIME, (February 1942)
- J.Olejnik "Nowoczesne konstrukcje pieców próżniowych w technologii obróbki cieplnej stali HSLA, stali do pracy na gorąco WCLV oraz do nawęglania próżniowego" [Modern vacuum furnace constructions in the processing technology of HSLA steel, WCLV steel and for vacuum carburizing] Przegląd Mechaniczny No. 2/2005
- M.Korecki – unpublished SWL test results, 2005
- Dr Sommer. "Hardienability 2.0.28 Copyright 2004".
- Eysell F.: Über die Aufkohlung im Unterdruck Bereich, Verfahrensparameter und Anwendung. Elektrowärme. 1976. 12-18.
- Suresh C., Havar J.: Vacuum Carburizing. Western Metal and Tool Conference and Exposition. Los Angeles. 1977.
- Gräfen W., Edenhofer B.: Acetylene Low-pressure Carburising – a Novel and Superior Carburising Technology. Heat Treatment of Metals. 4. 1999. 79-85.
- Prospekt NACHI-FUJIKOSHI CORP.: New Type Vacuum Carburizing. Introduction of EN-CARBO Process for Clean, Safety, High Quality and Minimum Operation Cost.
- Kula P., Olejnik J.: "Some Technological Aspects of Vacuum Carburizing". Proc. of the 12th International Federation of Heat Treatment and Surface Engineering Congress. Melbourne. 2000. Vol. 3.195-220.
- Kula P., Olejnik P., Kowalewski J.: "A New Vacuum Carburizing Technology". Heat Treatment Progress. 2-3. 2001. 57-60.
- P – 356754 – Mixture for pressure carburizing.
- E. Yagasaki, R.I. Masel w J.J. Spivey, S.K. Agrawal (Editors), Specialist Periodical Reports: Catalysis Royal Soc. Chem., London, 1994, 11, 165